

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и методики  
профессионального обучения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующий кафедрой ТМС  
\_\_\_\_\_ Н.В.Бородина  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**  
**МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ**  
**«БАЛАНСИР»**

Исполнитель:

студент группы ТО-402

Правдина Е.С.

Руководитель:

ст. преподаватель

Костина О.В.

Нормоконтролер

к.т.н., доцент

Суриков В. П.

Екатеринбург 2017

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						2
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа содержит 95 листов машинописного текста, 37 таблиц, 30 использованных источников, приложения на 19 листах, графическую часть на 8 листах.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СТАНОК С ЧПУ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ, НОРМЫ ВРЕМЕНИ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

В выпускной квалификационной работе усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Балансир» на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ «Haas VF-1». Для механообработки были выбраны режущие инструменты фирмы «Sandvik», «SEB», «Зубр» и «КОМЕТ», на основе их каталогов выбраны режимы резания.

Для одной операции разработан фрагмент управляющей программы.

В методической части выпускной квалификационной работы проанализирован профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров» и представлена разработка занятия для повышения квалификации у операторов - наладчиков станков с ЧПУ. В экономической части выпускной квалификационной работы выполнен расчет экономической эффективности совершенствования базового технологического процесса.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	8
1.1. Назначение и технические характеристики детали .....	8
1.2. Анализ технологичности конструкции детали «Балансир».....	9
1.3. Анализ исходных данных.....	11
1.4 Анализ заводского технологического процесса .....	12
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	15
2.1. Определение типа производства.....	15
2.2. Выбор заготовки и метод ее получения .....	17
2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования .....	21
2.4. Составление технологического маршрута обработки детали .....	25
2.5. Выбор и описание металлорежущего инструмента .....	31
2.6. Описание технологической оснастки .....	40
2.7. Расчет припусков на механическую обработку.....	41
2.8. Назначение режимов резания .....	44
2.9. Расчет технических норм времени .....	46
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ .....	50
3.1. Фрагмент управляющей программы .....	52
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	55
4.1. Расчет капитальных затрат .....	55
4.2. Определение капитальных вложений в оборудование.....	57
4.3. Расчет технологической себестоимости детали .....	58
4.4. Затраты на электроэнергию .....	63

4.5. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования .....	65
4.6. Затраты на эксплуатацию инструмента .....	66
4.7. Затраты на оснастку .....	71
4.8. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса .....	73
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ .....	77
5.1. Вводная часть .....	77
5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» .....	79
5.2. Учебный план повышения квалификации .....	83
5.3. Разработка методики проведения занятия .....	85
5.4. Разработка методического обеспечения .....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А Перечень графического материала .....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Комплект технологической документации .....	99
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Презентация нового материала .....	100

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве главной задачи машиностроения выступает создание и внедрение машин, являющихся наиболее высокопроизводительными, экономичными и надежными, а также агрегатов, построенных для реализации новейших подходов к технологии машиностроения.

Машину следует рассматривать как сложную систему, включающую в себя не только рабочий орган, но и многочисленные приводы, а также обрабатывающую среду, которая имеет многообразные физико-механические свойства.

Необходимо также принимать во внимание особенности взаимодействия техники с работающими с ней людьми – так, например, их требуется защитить от вредных воздействий техники, среди которых можно перечислить тепловые, электрические воздействия, вибрации, излучения, перегрузки. Нужно также обеспечить людей, работающих с техникой, максимальным комфортом для продуктивной деятельности.

К актуальным задачам дальнейшего развития технологии машиностроения следует отнести:

- сокращение и замену ручного труда механизированным;
- совершенствование обработки на станках с ЧПУ или же использование многофункциональных обрабатывающих центров для снижения количества переустановок;
- совершенствование конструкции режущих инструментов и материалов для них;
- разработку новых технологий, повышающих эффективность лезвийной обработки.

Еще одной важной задачей машиностроения является снижение металлоемкости. Его можно рассматривать в качестве увеличения коэффициента использования материалов при поиске новых для того,

чтобы обеспечить машинам долговечность и надежность в использовании.

В текущей ситуации развитие промышленности – наиболее приоритетная задача из всех, что ставят себе государства, поэтому логично предположить, что для того, чтобы Россия могла занять прочное место в ряду ведущих промышленных держав мира, необходимо развивать сферу промышленного производства. Для этого, в свою очередь, сфера промышленности должна основываться не только на сложившейся в советское время базе заводов и предприятий, но и на новых, оборудованных в современном ключе.

Цель дипломного проекта – совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Балансир» с целью повышения производительности труда.

Задачи дипломного проекта:

1. Проанализировать исходные данные о детали;
2. Разработать новый вариант технологического процесса механической обработки детали;
3. Выбрать технологическое оснащение и современный режущий инструмент;
4. Разработать управляющую программу для обработки детали;
5. Произвести экономические расчёты;
6. Разработать методическую часть.

## 1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

### 1.1. Назначение и технические характеристики детали

Деталь «балансир» используется в устройстве подвески транспорта, и служит для уравнивания сил инерции с целью предотвращения биений.

Материал детали

Деталь выполнена из легированной стали 32Х06Л ГОСТ 977-88.

Сталь 32Х06Л – содержит в среднем 0,32 % углерода и 0,6 % хрома. Последняя буква «Л» указывает, что сталь литейная.

Таблица 1 - Химический состав стали 32Х06Л

C	Si	Mn	S	P	Cr
0.25 - 0.35	0.2 - 0.4	0.4 - 0.9	до 0.05	до 0.05	0.5 - 0.8

Таблица 2 - Режимы термической обработки материала сталь 32Х06Л

Закалка 890-910° С, Отпуск 620-660° С
---------------------------------------

Таблица 3 - Механические свойства стали при T=20° С материала сталь 32Х06Л

Сортамент	Размер	Напр.	Бв	$\delta_5$	St	$\psi$	KCU	Термообработка
-	мм	-	МПа	%	МПа	%	кДж/м <sup>2</sup>	-
Отливки, КТ45, ГОСТ 977-88	до 100		638	10	441	20	491	Закалка 890 - 910°С, Отпуск 620 - 660°С,

Свойства стали 32Х06Л:

**Удельный вес:** 7850 кг/м<sup>3</sup>

**Термообработка:** Закалка 890 - 910°С, Отпуск 620 - 660°С.



**Свариваемость материала:** ограниченно свариваемая. Требуется предварительный нагрев и последующая термообработка. Способ сварки: РДС

**Флокеночувствительность:** не чувствительна.

**Склонность к отпускной хрупкости:** не склонна.

**Температура начала затвердевания, °С:** 1500.

**Показатель трещиностойчивости,  $K_{т.у.}$ :** 0,2.

**Склонность к образованию усадочной раковины,  $K_{у.р.}$ :** 0,8.

**Жидкотекучесть,  $K_{ж.т.}$ :** 1,6.

**Линейная усадка, %:** 1.8

## 1.2. Анализ технологичности конструкции детали «Балансир»

Определение технологичности конструкции детали необходимо для увеличения производительности труда, снижения затрат и чтобы сократить время на технологическую подготовку производства.

Деталь «Балансир» имеет габаритные размеры 520x135x58мм и массу 12,1кг, изготавливается из стали 32Х06Л.

На первой операции деталь обрабатывают снаружи, далее эта поверхность выступает в виде чистовой базы.

На чертеже указаны все надлежащие технические требования, которые предъявляются к данной детали. Так же рабочий чертеж детали имеет перечень всех необходимых размеров, разрезов и видов для того чтобы представить как выглядит деталь.

Для определения технологичности конструкции детали необходимо выполнить качественную и количественную оценку.

Качественная оценка:

1. Материал детали - легированная сталь 32Х06Л, заготовку получают отливкой. Деталь симметрична (+)

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Труднодоступных элементов для обработки у детали нет (+).
3. Возможность совмещения конструкторских и технологических баз существует (+).
4. Многоинструментальная обработка возможна (+).
5. Технологические возможности оборудования соответствуют требованиям (+).
6. Поверхности, которые используются в качестве технологических баз, соответствуют требованиям, предъявляемым к ним, и не нуждаются в корректировке (+).
7. Достаточная жесткость детали обеспечена (+)
8. Возможность удобного подвода инструмента к зоне обработки детали предусмотрена. (+)
9. Свободный вход и выход инструмента из зоны обработки обеспечен. (+)
10. Имеются достаточные по размерам и расстоянию базовые поверхности. (+)
11. Деталь имеет достаточную жесткость, что не ограничивает режимы резания. (+)
12. Конструкция детали имеет глухие резьбовые отверстия, что потребует дополнительной специальной оснастки для механической обработки. (-)

Конструкция детали технологична, так как качественная оценка показала, что положительных характеристик больше, чем отрицательных.

Выполним количественную оценку технологичности конструкции детали. Она производится по следующим показателям:

1. Коэффициент использования металла:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_{\text{М}}} = \frac{12,1}{18} = 0,67 \quad (1)$$

где  $M_{\text{Д}}$ - масса детали по чертежу, кг;

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

$M_M$ - масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг;

Полученный коэффициент говорит о неразумном выборе способа получения заготовки в базовом технологическом процессе.

2. Коэффициент точности обработки детали:

$$K_T = \frac{T_H}{T_O} = \frac{3}{10} = 0,3 \quad (2)$$

где  $T_H$  – число размеров необоснованной степени точности обработки;

$T_O$  – общее число размеров, подлежащих обработке;

3. Коэффициент шероховатости поверхностей детали:

$$K_{Ш} = \frac{Ш_H}{Ш_O} = \frac{1}{10} = 0,1 \quad (3)$$

где  $Ш_H$  - число поверхностей детали необоснованной шероховатости, шт.;

$Ш_O$  - общее число поверхностей детали, подлежащих обработке шт.

В ходе количественной оценки было выявлено, что почти все размеры соответствуют заявленной точности.

Средний коэффициент использования материала слишком высокий, но учитывая сложность формы детали, этот вариант (литьё в песчаные формы) получения заготовки оптимален.

По итогам количественной и качественной оценки детали, можно сделать вывод о том, что данная деталь является технологичной.

### **1.3. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса**

Исходные данные - рабочий чертеж детали со всеми техническими требованиями и годовая программа выпуска деталей.

По этим данным сформулируем технологические задачи:

Обеспечить точность размеров:

7 квалитета: 24 отверстия Ø12мм и 30 отверстия Ø12мм

8 квалитета: 7 отверстия Ø40мм, 16 отверстия Ø50мм

11 квалитета: 1 отверстия Ø25

12 квалитета: торцевой поверхности 20 и 23 размера 36мм

14 квалитета: торцевой поверхности 26 размера 58мм

Обеспечить качество поверхности:

Ra20:

Фаску 29 размера 1,6x45°

Ra10:

Торцевую поверхность 3 в размер 63 мм,

Торцевую поверхность 20 и 23 размера 36мм,

Торцевую поверхность 26 размера 58мм,

Отверстие 24 Ø12мм

Отверстие 30 Ø12

Фаску 4 размера 1,6x45°

Ra5:

Отверстие 7 Ø40мм,

Отверстие 16 Ø50мм,

Отверстие 1 Ø25мм.

Обеспечить допуски формы поверхности:

Отклонение от перпендикулярности 0,1 размера Ø25 относительно базы

Г;

#### **1.4 Анализ заводского технологического процесса**

По технологическим картам можно выявить характерные особенности технологического процесса:

- по числу выпускаемых деталей – серийный

- по назначению – рабочий

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

-по документации – маршрутно-операционный

С помощью маршрутных технологических карт оценим приемлемость заводского варианта обработки детали

Таблица 4 – Заводской технологический процесс обработки детали

№ операции	Наименование операции	Оборудование
1	2	3
010	Комплексная с ЧПУ	MCV 1000 Power
015	Слесарная	верстак
020	Комплексная с ЧПУ	MCV 1000 Power
025	Слесарная	верстак
030	Комплексная с ЧПУ	MCV 1000 Power
035	Слесарная	верстак
040	Комплексная с ЧПУ	MCV 1000 Power
045	Слесарная	верстак
050	Маркирование	верстак
055	Протирка	верстак
060	Выходной контроль	2-3-2000X1000 Плита ГОСТ 10905-86

### Достоинства технологического процесса

По мощности и точности оборудование и вся технологическая оснастка в базовом технологическом процессе вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к детали, и позволяет производить обработку в условиях соответствующих серийному производству.

### Недостатки технологического процесса

В данном технологическом процессе оборудование MCV 1000 устаревшее, отсюда точность позиционирования недостаточно высока; мерительные инструменты используются универсальные.

Для условий среднесерийного производства необходимо применить более прогрессивные методы обработки, современные высокопроизводительные станки и более прогрессивный режущий инструмент.

Для обработки детали используется специальный и стандартный режущий инструмент (фрезы, сверла, зенкеры и пр.); стандартный и специальный контрольный инструмент (штангенциркуль, калибры-пробки, шаблоны, контрольные приспособления).

Таблица 6 – Сравнение технологических процессов механической обработки

Заводской ТП	Проектируемый ТП
1	2
Комплексная с ЧПУ Тшт=62,64	Комплексная с ЧПУ Тшт=171,1
Комплексная с ЧПУ Тшт=133	
Комплексная с ЧПУ Тшт=53	
Комплексная с ЧПУ Тшт=38	
$\Sigma$ Тшт=286,64	$\Sigma$ Тшт=171,1

## 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Определение типа производства

Годовая программа выпуска деталей – 1500 шт

Масса детали – 12,1 кг

Ориентировочно определяем тип производства по объёму годового выпуска и массы детали – среднесерийное.

Таблица 7 – Зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Объем годового выпуска деталей, шт				
	Тип производства				
	Единичное	Мелко- серийное	Средне- серийное	Крупно- серийное	Массовое
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

По ГОСТу 3.1121-84 определяем тип производства по коэффициенту закрепления операций:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (4)$$

где  $\sum O$ - суммарное число различных операций, закрепленных за каждым рабочим местом,

$\sum P$ - суммарное число рабочих мест, на которых выполняются данные операции

Количество станков определяем по штучному времени:

$$m_p = \frac{N * T_{шт}}{60 * F_d * \eta_{з.н}}, \quad (5)$$

где N- годовая программа выпуска деталей, 1500 шт.;

$T_{шт}$ - штучное время, мин.;

$F_d$ - действительный годовой фонд времени,  $F_d = 4140$ ч. (при двухсменной работе);

$\eta_{з.н.}$ - нормативный коэффициент загрузки оборудования, для крупносерийного и массового производства –  $0,75 \div 0,85$ , примем = 0,75

Таблица 8 – Данные для определения коэффициента  $K_{з.о.}$

Операция	Тшт	mp	P	Оз.ф.	O
Вертикально - Фрезерная	1	0,008052	1	0,853462	0,010735
Вертикально - фрезерная Сверлильная	150,4	1,21095	1	1,070853	1,6146
Вертикально - фрезерная Сверлильная	19,7	0,158615	1	0,426731	0,211487
Слесарная	2,788	0,022448	1	0,022448	0,02993
Маркирование	3,652	0,029404	1	0,029404	0,039206
Контроль	6,92	0,055717	1	0,055717	0,074289
	$\Sigma T_{шт}=183,46$		$\Sigma P=2$		$\Sigma O=21$

$$K_{з.о.} = \frac{21}{2} = 10,5$$

$10 < K_{з.о.} \leq 20$  – среднесерийное производство

Окончательно устанавливаем тип производства – среднесерийное

По ГОСТу 14.312-74 определяем организацию производства – групповую (периодический запуск деталей партиями, 24 дня)



Определяем количество деталей в партии для одновременного запуска:

$$n = \frac{N \cdot a}{247} = \frac{500 \cdot 24}{247} = 48 \text{ шт} \quad (6)$$

где  $a$  - периодичность запуска, в днях

247 – количество рабочих дней в году.

Таким образом, мы определили тип и организацию производства.

## 2.2. Выбор заготовки и метод ее получения

Исходные данные:

- масса детали 12,1 кг;
- габариты детали: 520x135мм.
- материал – сталь 32Х06Л ГОСТ 977-88
- годовое число отливок 1500 шт
- тип производства - среднесерийное

В современном машиностроении выделяют следующие виды заготовок:

- получаемые литьем (отливки);
- получаемые обработкой давлением (кованые и штампованные заготовки);
- заготовки из проката (получаемые отрезкой);
- сварные и комбинированные заготовки;
- получаемые методами порошковой металлургии;
- резка и пр.

Главными факторами, от которых зависит выбор технологического процесса получения заготовки, являются следующие:

- конструктивные формы готовой детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- размеры и масса заготовки;
- количественный выпуск деталей в единицу времени и объемы партий;

- стоимость полуфабриката, используемого для получения заготовки;
- себестоимость заготовки, полученной выбранным способом;
- расход материала и себестоимость превращения заготовки в готовую деталь.

Учитывая заданный материал – сталь 32Х06Л, для требуемой точности изготовления заготовки - для данной детали я выбираю способ получения заготовки – литье.

Рассмотрим технические возможности различных способов литья в таблице 9.

Таблица 9 - Способы литья

Способ литья	Максимальная масса отливки, кг	Максимальный размер, мм	Минимальная толщина стенки, мм	Максимальный диаметр отверстия, выполняемые стержнем, мм	Литейный уклон, градусы	Минимальный радиус закругления сопрягаемых стенок, мм	Класс размерной точности	Припуски на обработку, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Под низким давлени ем	100	800	2	8	0,5-1	2	7Т- 11Т	1,5-4
В кокиль	2000	2000	3	8	0,5- 1,2	3	7Т- 11Т	1,5-8

Окончание таблицы 9 - Способы литья

1	2	3	4	5	6	7	8	9
По выплавляемым моделям	30	1000	1	5	1-2	5	6-10	0,2-0,7
В оболочковые формы	200	1500	3	6	1-2	5	9т-13	2-8
В песчаные формы	250000	20000	3	8	0,5-3	5	8-13т	2-14

В имеющемся технологическом процессе заготовка получена отливкой.

Преимущество литых заготовок заключается в том, что их можно использовать максимально приближенными к заданной форме и размерам и практически любой конфигурации.

Отливки находят свое применение в изготовлении корпусных деталей, а также других деталей, имеющих сложную форму (корпусов, кронштейнов, стоек, балансиров, фланцев и т.п.). Для получения отливок наиболее широко применяется литье:

- в песчаные формы;
- в кокиль;
- по выплавляемым моделям;
- под давлением;
- в оболочковые формы.

На выбор того или иного метода литья влияют такие факторы, как материал детали, шероховатость поверхностей, точность размеров, конфигурация, размеры детали и ее масса, а также тип производства.

Рассмотрим перечисленные выше методы более подробно.

Литье в песчаные формы – наиболее универсальный метод, но следует отметить, что на изготовление формы уходит, как правило, большое количество времени.

Литьем в землю по металлическим моделям при машинной формовке можно получить отливки массой до 10-15 т при наименьшей толщине стенок

3 - 8мм. Параметр шероховатости Ra20-2,5.

Литье в кокиль экономически целесообразно при величине партии не менее 300-500 шт. для мелких отливок и 30-50шт. для крупных отливок. С его помощью можно получать отливки, имеющие массу 0,27-7т. Параметр шероховатости Ra20-2,5.

Литьё по выплавляемым моделям, в свою очередь, является экономически целесообразным для литых деталей сложной конфигурации из любых сплавов и массой 50-100 кг при партии свыше 1000 шт. Параметр шероховатости Ra10-2,5.

Литьё под давлением, как правило, применяют для получения фасонных отливок из цинковых, алюминиевых, магниевых и латунных сплавов. Способ является целесообразным при величине партии в 1000 и более деталей и массе отливки до 100 кг. Параметр шероховатости не более Ra5.

Центробежное литье может применяться при выполнении заготовок, имеющих форму тел вращения и массу 0, 01 – 3т. Параметр шероховатости не более Ra 40-10.

Нормы точности отливки: 11-6-16-12 (ГОСТ 26645-85)

Размер отливки  $L_{отл}$  устанавливают больше(+Z) или меньше (-Z)

$$L_{отл} = (L_{дет} + Z_1 + Z_2) + \frac{T}{2} = (520 + 5 + 7) + 2 = 534 \text{ мм} \quad (7)$$

где Z1 и Z2 –припуск на механическую обработку с одной и другой стороны;

T- допуск размерной точности отливки

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

### 2.3. Выбор технологических баз и разработка схем базирования

При механической обработке заготовок на станках базирование - это придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, которые определяют траекторию движения подачи обрабатывающего инструмента.

Чтобы выполнить технологическую операцию, требуется осуществить базирование обрабатываемой заготовки, а также необходимо обеспечить ее неподвижность относительно приспособления на весь период обработки, которая гарантирует сохранение неизменной ориентировки заготовки и нормальное протекание процесса обработки.

Технологические базы бывают черновые и чистовые.

Черновая технологическая база – это поверхность, непрошедшая механическую обработку.

К черновым базам можно отнести поверхности, которые используются на первых операциях, в тот момент, когда еще нет обработанных поверхностей. Для данной детали целесообразно в качестве черновых баз использовать плоские поверхности А и В и основание балансира Б. Схема базирования для черновой обработки показана на рисунке 1.

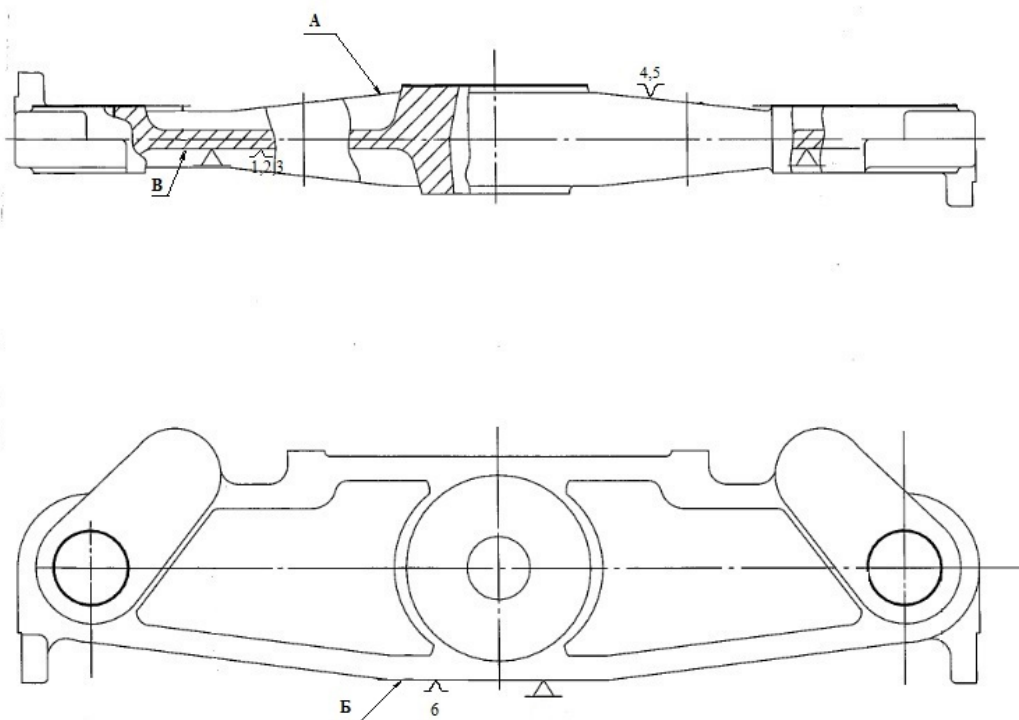


Рисунок 1- Черновые базы

Чистовая технологическая база – это обработанная поверхность детали, на которую устанавливается деталь для последующей обработки. В нашем случае, чистовой базой будут поверхности – наружная плоская поверхность Г, торцевая поверхность Д, внутренняя цилиндрическая поверхность Е, наружная плоская поверхность Ж, торцевая поверхность З, внутренняя цилиндрическая поверхность И, внутренняя цилиндрическая поверхность К, торцевая поверхность Л, торцевая поверхность М, внутренняя цилиндрическая поверхность Н, торцевая поверхность О, торцевая поверхность П. Схемы базирования для чистовой обработки представлены на рисунках 2 ,3, 4, 5 и 6.

Установ I

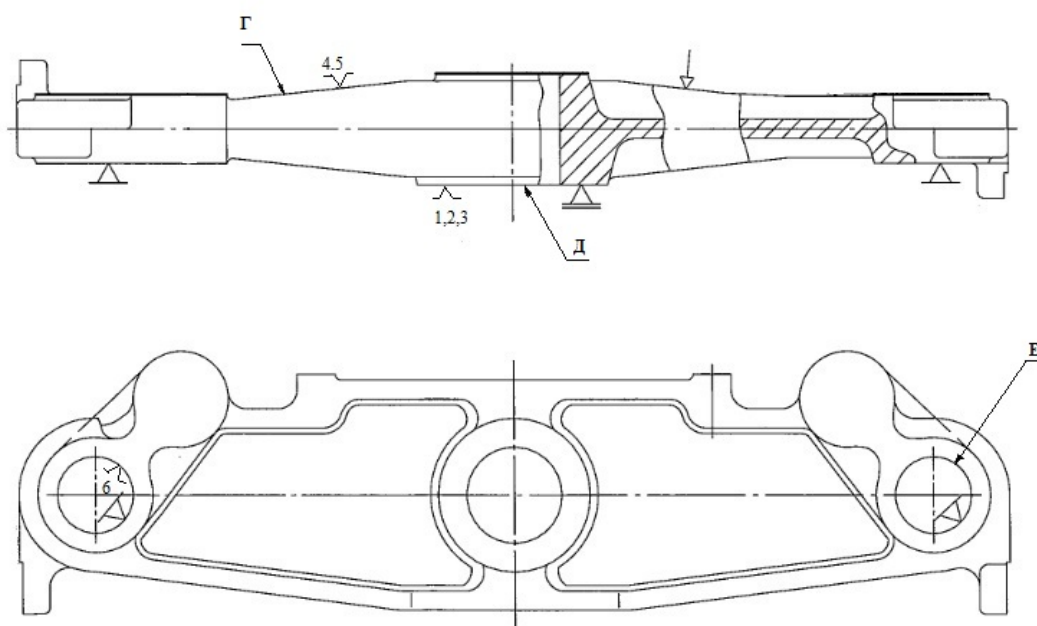


Рисунок 2 – Схема базирования. Установ А

Установ II

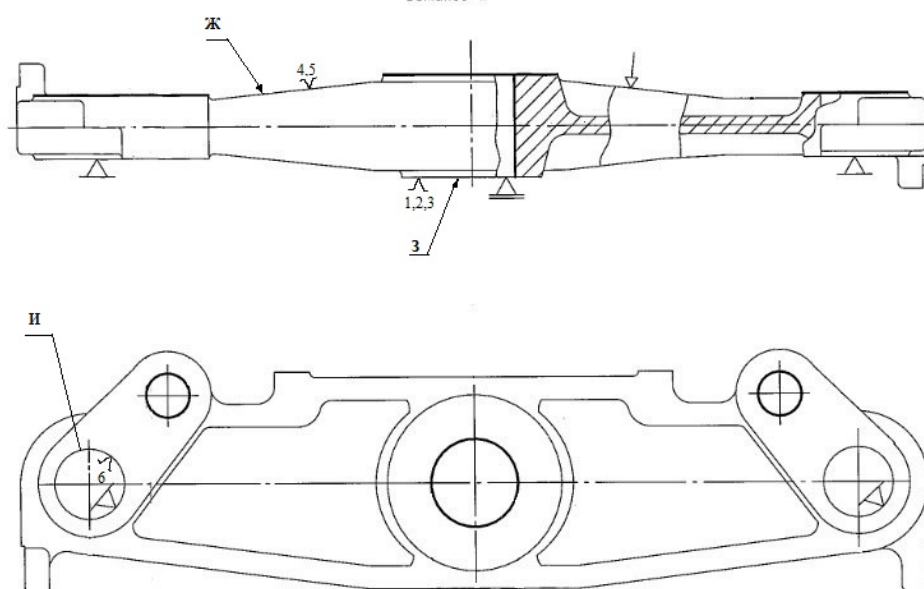


Рисунок 3 – Схема базирования. Установ Б

Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.123 ПЗ

Лист

23

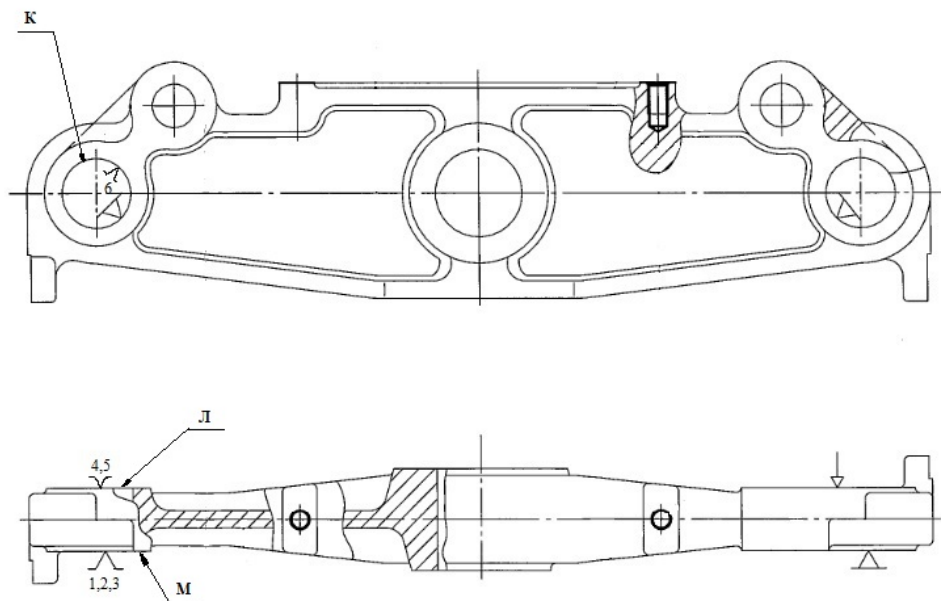


Рисунок 4 – Схема базирования. Установ В

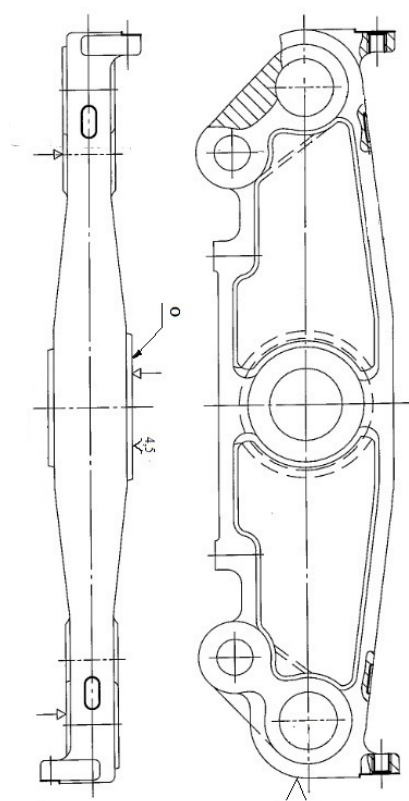


Рисунок 5 – Схема базирования. Установ Г



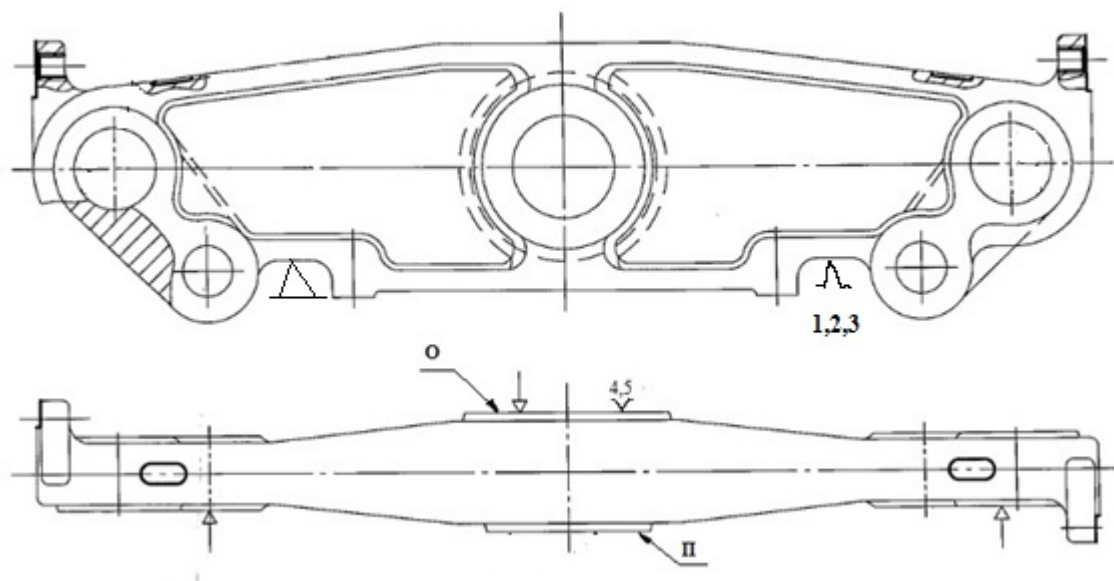
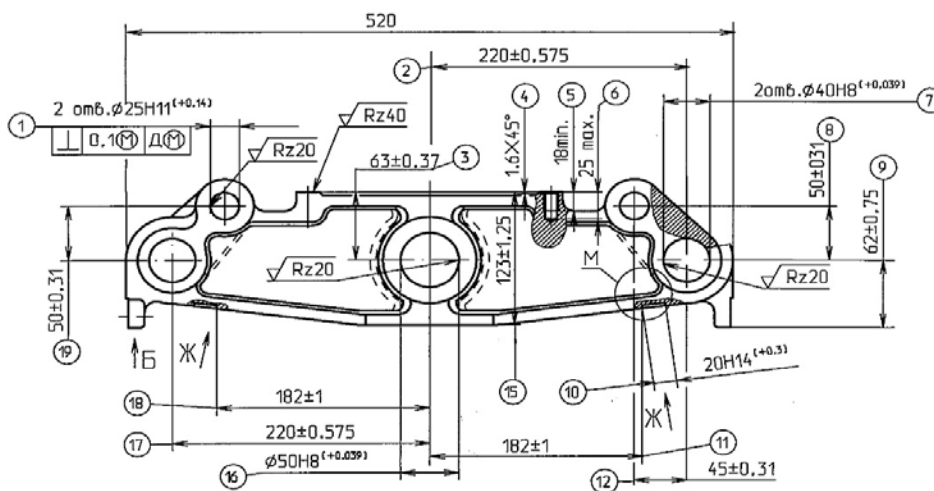


Рисунок 6 - Схема базирования. Установ Е

## 2.4. Составление технологического маршрута обработки детали

Основная задача обработки резанием – это изготовление с заданной производительностью деталей требуемого качества из выбранных материалов при минимально возможных производственных затратах. В зависимости от этих требований разрабатывается технологический процесс обработки, выбирается оборудование и режущий инструмент.



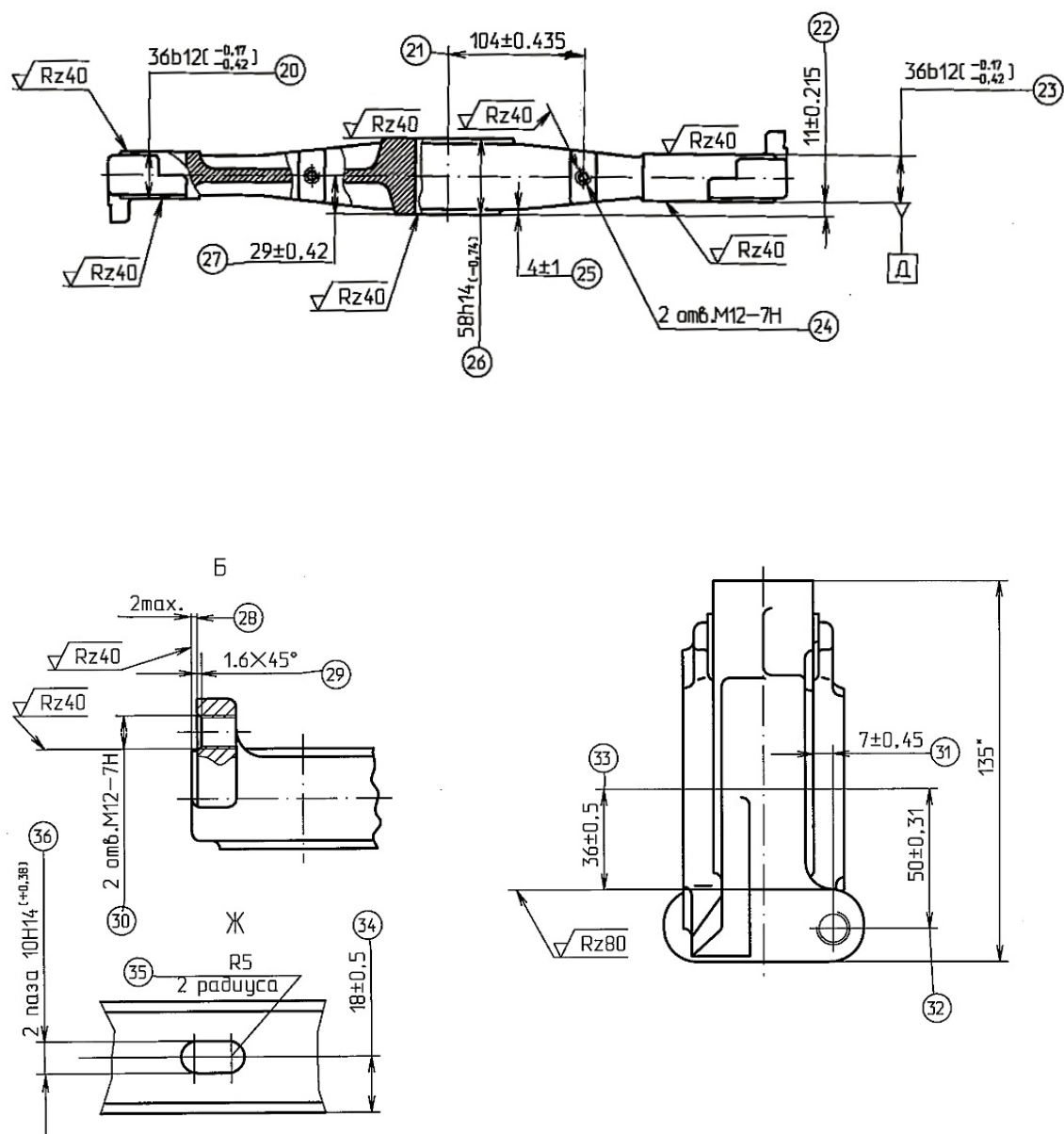


Рисунок 7 – Эскиз детали «Балансир»

Таблица 10 – Технологический маршрут обработки детали «Балансир»

Наименование операции, оборудование	Метод обработки	Обрабатываемая поверхность
1	2	3
010 Комплексная с ЧПУ	Фрезеровать торцы в размер 36 и 58	ЛИТНИКИ
	Установ А Фрезеровать торцы в размер 36 и 58 окончательно	1,2,3

Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата
------	-------	----------	---------	------

ДП 44.03.04.123 ПЗ

Лист

26

Продолжение таблицы 10 – Технологический маршрут обработки детали  
«Балансир»

1	2	3
	Установ Б Фрезеровать торцы в размер 36 и 58 предварительно и окончательно	4,5,6
	Сверлить 2 отв. Ø25, Сверлить 2 отв. Ø40,	7,8
	Фрезеровать отв. Ø50	9
	Рассверлить 2 отв. Ø25 Рассверлить 2 отв. Ø40 Рассверлить отв. Ø50	7,8,9
	Расточить отв. Ø50 Расточить 2 отв. Ø40	8,9
	Установ В Фрезеровать плоские поверхности, выдерживая размер 63	37
	Сверлить 2 отв. Ø12 под резьбу, выдерживая размер 25	24
	Фрезеровать 2 фаски 1,6x45°	4
	Нарезать резьбу Ø12, выдерживая размер 18	24
	Установ Г Фрезеровать плоскую поверхность, выдерживая размеры 36 и 2	10
	Центровать отв. Ø12, выдерживая размеры 50 и 7 Сверлить отв. Ø12 под резьбу	30
	Фрезеровать фаску 1,6x45°	29
	Нарезать резьбу Ø12	30
	Установ Д Повторить переходы 2,3,4,5,6	29,30

Окончание таблицы 10 – Технологический маршрут обработки детали «Балансир»

1	2	3
	Установ Е Фрезеровать 2 паза размера 10, выдерживая размеры 182, 20, 182 и 18	36
035 Слесарная	Зачистить заусенцы, притупить острые кромки	
040 Маркирование	Маркировать обозначение детали	
045 Выходной контроль		

Описание принятого техпроцесса:

На первом этапе подготавливаются чистовые базовые поверхности, выполняется обработка неотчетственных поверхностей и отверстий с высокими квалитетами и низким классом шероховатости.

Следующие этапы механообработки заключают в себе: чистовую обработку всех плоскостей, обработку отверстий на обрабатывающем центре Naas VF-1 (фирма Naas, США).

## 2.5. Выбор средств технологического оснащения

В дипломном проекте рекомендуется использовать 3 осевой вертикально-фрезерный станок модели VF-1(фирма Naas, США) Данный 3 осевой фрезерный станок, оснащён системой ЧПУ SINUMERIK 840d. Поворотный стол длиной 660мм и шириной 356мм позволяет обрабатывать заготовки весом до 1361 кг. Точность позиционирования  $\pm \pm 0,0050$  мм.

На данном станке можно обрабатывать широкий спектр деталей, например, корпусные детали различной степени сложности, штампы и пресс-формы со сложной 3D-поверхностью.



Рисунок 8 – вертикально – фрезерный станок с ЧПУ модели TM-1  
фирма Haas.

Вертикальный обрабатывающий центр: (508 x 406 x 508 мм), конус ISO 40, прямой векторный привод 30 л.с. (22,4 кВт), 8100 об/мин, карусельное устройство смены инструмента на 20 гнезд, ускоренное перемещение 1000 дюйм/мин (25,4 м/мин), модуль обнаружения сбоя питания, 1 гигабайт программной памяти, цветной 15-дюймовый ЖК-дисплей, порт USB, переключатель для блокировки памяти, прямое нарезание резьбы метчиком и система подачи СОЖ объемом 55 галлонов (208 литров) с обильной подачей СОЖ в зону резания.

Таблица 11 – Характеристика обрабатывающего центра Haas VF-1

Параметры	Значения
1	2
Макс. перемещение по оси X, мм	508
Макс. перемещение по оси Y, мм	406
Макс. перемещение по оси Z, мм	508
Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	610
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	102
Длина стола, мм	660

Окончание таблицы 11 –Характеристика обрабатывающего центра Haas VF-1

1	2
Ширина стола, мм	356
Макс. нагрузка на стол (равном. распределенная), кг	1361
Ширина Т-образных пазов, мм	16
Расстояние между Т-образными пазами, мм	125
Размер конуса шпинделя	40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8100
Макс. мощность шпинделя, кВт	22,4
Макс. крутящий момент, кН	122
Макс. осевое усилие, кН	18,7
Макс. скорость холостых подач, м/мин	25,4
Макс. рабочие подачи по осям XYZ, м/мин	16,5
Кол-во позиций в автоматическом сменщике инструмента, шт	20
Макс. диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм	89
Макс. масса инструмента, кг	5,4
Время смены инструмента (среднее), сек	4,2
Точность позиционирования, мм	±0,0050
Повторяемость, мм	±0,0025
Объем бака СОЖ, л	208

Базовая комплектация обрабатывающего центра Haas VF-1:

- Система ЧПУ SINUMERIK 840 D
- Система СОЖ с баком на 208 л
- Ручной пневмопистолет для удаления стружки с детали и станка
- Подготовка станка к установке опции подачи СОЖ через шпиндель
- Автоматическая централизованная система смазки
- Станочное освещение
- Лампа индикации состояния станка
- Электромеханический замок дверей ограждения рабочей зоны
- Функция автоматического отключения станка
- Комплект регулировочных опор

- Рабочий стол метрического исполнения
- Цикл прямого резбонарезания
- Интерфейс Ethernet
- Экспортная упаковка
- Внутренний трансформатор (354–480 В)
- Соответствие нормам безопасности CE
- Кнопочный выключатель для блокировки памяти для пульта управления

## 2.5. Выбор и описание металлорежущего инструмента

Важный фактор повышения эффективности производства - режущий инструмент, доля которого в себестоимости металлообработки превышает 5%, но от этого выбора существенно зависят показатели технологического процесса.

В области выбора инструмента оптимальный путь к повышению производительности – выбор современного инструмента и правильное его использование.

### Режущий инструмент выбирают с учетом:

- Требования максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- Метода обработки;
- Размеров обрабатываемых поверхностей;
- Точности обработки и качества поверхности;
- Промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- Обрабатываемого материала;
- Стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- Стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- Типы производства;

Операция 10 Комплексная с ЧПУ

Установ А. Переход 1

Фрезеровать литники в размер 36 и 58. Фреза торцевая CoroMill® 415, режущая пластина IC05.



Рисунок 9 - Фреза торцевая CoroMill® 415

- Черновое торцевое фрезерование и обработка карманов с высокими подачами
- Фрезерование с врезанием под углом
- Диаметр: 13–32 мм
- IC05:  $a_{p \max}$  0,85 мм



Рисунок 10 – Режущая пластина IC05

- Размеры пластин: IC05
- Сплавы: GC1010, GC1030, GC1040, S30T, S40T, 4240, H13A



- Геометрия: М-М30, универсальная геометрия, подходит для широкого диапазона материалов



Рисунок 11 – Крепление инструмента

Крепление инструмента - резьбовое соединение, Coromant EN, цилиндрический хвостовик.

#### Переход 2

Фрезеровать торцы в размер 36 и 58 предварительно и окончательно.  
Фреза торцевая CoroMill® 415, режущая пластина IC05.

#### Установ Б. Переход 3

Фрезеровать торцы в размер 36 и 58 предварительно и окончательно.  
Фреза торцевая CoroMill® 415, режущая пластина IC05.

#### Переход 4

Сверлить 2 отв. Ø25, выдерживая размеры 45 и 50. Сверло ступенчатое 29670-6-20-8 Зубр.

Сверлить 2 отв. Ø40, выдерживая размеры 220 и 62 (поверхность 7).  
Сверло ступенчатое 29670-6-20-8 Зубр.

- Длина 75 мм
- Материал сверла P6M5
- Диаметр 6 - 20 мм



Рисунок 12 – Сверло ступенчатое 29670-6-20

#### Переход 5

Фрезеровать отв. Ø50. Фреза концевая CoroMill Plura 1P260-2540-XA 1620

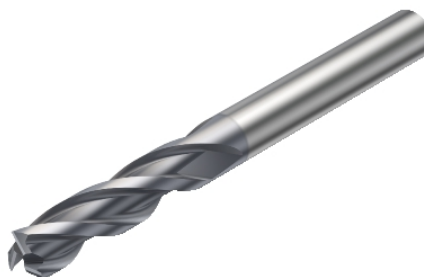


Рисунок 13 - Фреза концевая CoroMill Plura

- Диаметр резания: 25,4 мм
- Мах глубина резания 63,5 мм

#### Переход 6

Рассверлить 2 отв. Ø25. Сверлильная головка 800.24 эжекторной системы Ø25 h8 ГОСТ 12489-71.

Рассверлить 2 отв. Ø40. Сверлильная головка 800.24 эжекторной системы Ø25 h8 ГОСТ 12489-71, режущая пластина 800-05 03 08M-C-L 1025.

Рассверлить отв. Ø50 Сверлильная головка 800.24 эжекторной системы Ø49 h8 ГОСТ 12489-71.



Рисунок 14 - Сверлильная головка 800.24 эжекторной системы

- Диаметр 25, мм
- Глубина сверления 400 мм
- Шероховатость поверхности 2 мкм
- Точность отверстия h10

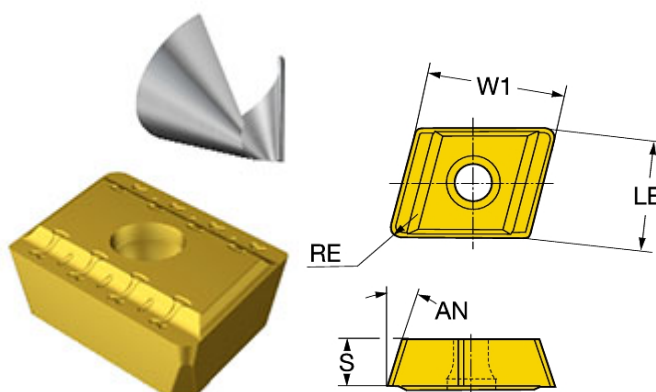


Рисунок 15 – режущая пластина 800-05 03 08M-C-L 1025

- Ширина пластины 5,56 мм
- Толщина пластины 3,175 мм

#### Переход 7

Расточить 2 отв. Ø40. Расточная головка В301 Комет. Расточная вставка М302 Комет. Режущая пластина К10 Комет.

Расточить отв. Ø50 Расточная головка В301 Комет.

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 16 - Расточная головка B301 Komet

- Глубина сверления 400 мм
- Шероховатость поверхности 2 мкм
- Точность отверстия h8



Рисунок 17 - Расточная вставка M302



Рисунок 18 – СМП

### Установ В. Переход 8

Фрезеровать плоские поверхности, выдерживая размер 63. Фреза торцевая CoroMill® 415, режущая пластина IC05.

### Переход 9

Сверлить 2 отв. Под резьбу Ø12, выдерживая размеры 104, 36, 29. Сверло SEB 406CL-MT10 Ø10.

- Материал: инструментальная сталь
- Диаметр 10 мм
- Угол заточки 135°



Рисунок 19 – Сверло SEB 406CL-MT10

### Переход 10

Фрезеровать 2 фаски 1,6x45. Фреза CoroMill 495.



Диаметр фрезы	Угол фаски	Тип соединения
12-25 мм	15°, 30°, 45°, 60°	Цилиндрический хвостовик
0.5-1"	15°, 30°, 45°, 60°	Weldon
12-25 мм	45°	Coromant EH
40-63 мм	45°	Coromant Capto®

#### Режущие пластины

Размер пластины	Сплав	Геометрия	Области применения по ISO
9	GC1030	-PM	P, K, N
9	GC1030	-MM	M, S

Рисунок 20 - Фреза CoroMill 495

### Переход 11

Нарезать резьбу Ø12, выдерживая размер 18. Твердосплавная концевая фреза CoroMill® Plura для резьбофрезерования R217.14C099175CC26K 1630.



Рисунок 21 - фреза CoroMill® Plura для резьбофрезерования

- Максимальная глубина резания 26 мм
- Диаметр резания 10 мм

### Установ Г. Переход 12

Фрезеровать плоскую поверхность, выдерживая размеры 36 и 2. Фреза торцевая CoroMill® 415, режущая пластина IC05.

### Переход 13

Сверлить 2 отв. Под резьбу Ø12, выдерживая размеры 104, 36, 29. Сверло SEB 406CL-MT10 Ø10.

### Переход 14

Фрезеровать фаску 1,6x45. Фреза CoroMill 495.

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

### Переход 15

Нарезать резьбу Ø12. Твердосплавная концевая фреза CoroMill® Plura для резьбофрезерования R217.14C099175CC26K 1630.

### Установ Д.Переход 16

Переустановить деталь. Повторить переходы 12,13,14,15

### Установ Е. Переход 17

Фрезеровать 2 паза размера 10, выдерживая размеры 182, 20, 182 и 18. Фреза CoroMill Plura 2P370-1000-PB 1740.

- Рабочая длина 40 мм
- Диаметр резания 10 мм
- Максимальная глубина резания 40 мм



Рисунок 22 - Фреза CoroMill Plura 2P370-1000-PB 1740

## 2.6. Описание технологической оснастки



Рисунок 23 – приспособление для зажима детали при механической обработке

### Операция 010 Комплексная с ЧПУ

Применяется специальное фрезерное приспособление. Схема базирования представлена на рисунке 1. Заготовка базируется по необработанным торцевым поверхностям А и В и основанию балансира Б.

Установ А. Схема базирования представлена на рисунке 2. Базирование производится по поверхностям Д и Е, зажим выполняется за поверхность Г.

Установ Б. Схема базирования представлена на рисунке 3. Базирование производится по поверхностям З и И, зажим выполняется за поверхность Ж.

Установ В. Схема базирования представлена на рисунке 4. Базирование производится по поверхностям К и М, зажим выполняется за поверхность Л.

Установ Г. Схема базирования представлена на рисунке 5.

Установ Д. Схема базирования представлена на рисунке 6.



## 2.7. Расчет припусков на механическую обработку

Расчет будем вести аналитическим и табличным методом.

*Расчет припусков аналитическим методом*

Определим припуск на размер  $36b12(-\frac{170}{420})$

Заготовка – литье в песчаные формы.

Класс точности 11-6-16-12. Материал детали Сталь 32Х06Л.

Масса заготовки  $m_3 = 18$  кг.

Технологический маршрут обработки торцев в размер  $36b12(-\frac{170}{420})$ :

- фрезерование черновое;
- фрезерование чистовое.

Таблица 12 - Расчет припусков на размер  $\varnothing 90H7(+0,04)$

Технологические переходы поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск, $2Z_{min}$ , мкм	Расчетный размер Др, мм	Допуск Т, мм	Предельный размер, мм		Предельное значение, припуск, мм	
	Rz	H	$\rho$	E				D <sub>min</sub>	D <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>max</sub>
Заготовка	800	800	520,0022	0		38,75	2,5	36,25	38,7		
Фрезерование черновое	250	240	31,2	300	2x2,20	36,47	1	35,47	36	0,78	2,7
Фрезерование чистовое	40	40	20,8	30	2x0,53	35,41	0,59	34,82	35,41	0,65	0,59

Произведем расчет пространственных отклонений по формуле (6):

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (6)$$

где  $\rho_{кор}$  – отклонение коробления, мкм;

$\rho_{см}$  – погрешность смещения осей, мкм.

$$\rho = \sqrt{520^2 + 1,5^2} = 520,0022 \text{ мкм}$$

Определим остаточное пространственное отклонение:

$$\rho_{\text{ост}} = k \times \rho, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент уточнения форм

$$\rho_{\text{ост1}} = 0,06 \times 520,0022 = 31,2 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ост2}} = 0,04 \times 520,0022 = 20,8 \text{ мкм}$$

Определим расчетные припуски для каждого перехода:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \times (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2}) \quad (8)$$

$$2Z_{\text{min1}} = 2 \times (800 + 800 + \sqrt{520,0022^2 + 300^2}) = 2 \times 2200,34 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{min2}} = 2 \times (250 + 240 + \sqrt{31,2^2 + 30^2}) = 2 \times 533,28 \text{ мкм}$$

Для конечного перехода в графу расчетный размер запишем наибольший предельный размер по чертежу:

$$D_{p2} = 35,41 \text{ мм}$$

$$D_{p1} = 35,41 + 1,06 = 36,47 \text{ мм}$$

$$D_{p \text{ заг}} = 34,35 + 4,4 = 38,75 \text{ мм}$$

Запишем наибольшие предельные размеры по всем технологическим переходам, округляя их уменьшением расчетных размеров:

$$D_{\text{max2}} = 35,41 \text{ мм}$$

$$D_{\text{max1}} = 36 \text{ мм}$$

$$D_{\text{max заг.}} = 38,7 \text{ мм}$$

Определим наименьшие предельные размеры:

$$D_{\text{мин1}} = 35,41 - 0,59 = 34,82 \text{ мм}$$

$$D_{\text{мин2}} = 36,47 - 1 = 35,47 \text{ мм}$$

$$D_{\text{max заг}} = 38,75 - 2,5 = 36,25 \text{ мм}$$

Определим расчетные припуски для каждого перехода:

$$2Z_{\text{max1}} = D_{\text{max1}} - D_{\text{max заг.}} = 38,7 - 36 = 2,7 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{max2}} = D_{\text{max2}} - D_{\text{max1}} = 36 - 35,41 = 0,59 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{мин1}} = D_{\text{мин1}} - D_{\text{мин заг.}} = 36,25 - 35,47 = 0,78 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{мин2}} = D_{\text{мин2}} - D_{\text{мин1}} = 35,47 - 34,82 = 0,65 \text{ мм}$$

Определим общие припуски:

$$Z_{o \max} = 3,29 \text{ мм}$$

$$Z_{o \min} = 1,43 \text{ мм}$$

Произведем проверку расчетов:

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = \delta_{i-1} - \delta_i$$

$$3,29 - 1,43 = 2,5 - 0,59$$

$$1,91 \text{ мм} = 1,91 \text{ мм}$$

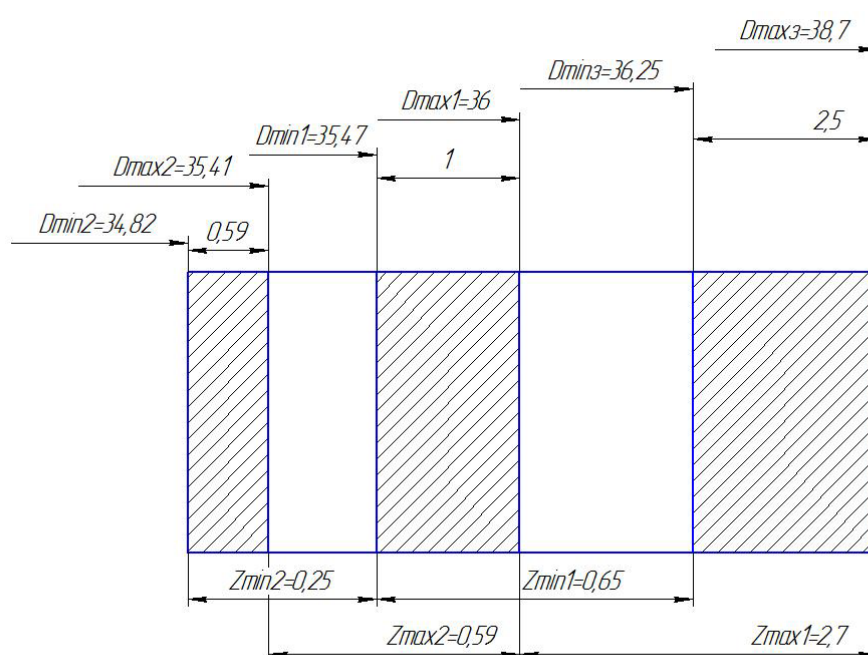


Рисунок 24 - Схема полей допусков и припусков для каждого перехода

### Табличный метод расчёта припусков

На остальные поверхности детали припуски назначим по [3, с. 184-189, табл. 27 и 28], а результаты занесем в таблицу 13.

## Опытно – статистический (табличный) метод расчета припусков

Чтобы определить величину общего припуска стоит учитывать такие факторы, как тип производства, способ получения заготовки, форму и размеры, точность и толщину дефектного слоя обрабатывающих поверхностей детали.

Таблица 13 - Расчет межоперационных припусков и допусков опытно-статистическим методом

Чертежный размер, мм	Припуск на сторону, мм	Литейный размер, мм	Допуск, мм	
			верхнее отклонение	нижнее отклонение
36 (сверху)	7	48	-0,17	-0,42
36 (снизу)	5	48	-0,17	-0,42
70 (сверху)	7	58	0	-0,74
70 (снизу)	5	58	0	-0,74
63	5	68	+0,37	-0,37
14	2	16	0	0

## 2.8. Назначение режимов резания

Произведем выбор режимов резания по каталогу фирмы «Сандвик» и «Komet» результаты занесем в таблицу 14.

Таблица 14 - Элементы режима резания по операциям

Наименование операции, перехода	t, мм	So, мм/об	n, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5
Операция 010 Комплексная с ЧПУ				
Переход 1				
Фрезеровать литники	7	0,35	2430	229
Переход 2				
Фрезеровать торцы в размер 36 и 58	5	0,8	2900	275
Переход 3				
Фрезеровать торцы в размер 36 и 58	5	0,8	2900	275

Окончание таблицы 14 - Элементы режима резания по операциям

1	2	3	4	5
Переход 4				
Сверлить 2 отверстия Ø25	10	0,36	1088	123
Сверлить 2 отверстия Ø40	18,5	0,36	1088	123
Переход 5				
Фрезеровать отверстие Ø50	20	0,6	764	120
Переход 6				
Рассверлить 2 отверстия Ø25	2,5	0,3	1400	110
Рассверлить 2 отверстия Ø40	1	0,24	1750	110
Рассверлить отверстие Ø50	4,5	0,3	1400	110
Переход 7				
Расточить 2 отверстия Ø40	0,5	0,12	796	100
Расточить отверстие Ø50	0,5	0,12	796	100
Переход 8				
Фрезеровать плоские поверхности, выдерживая размер 63	5	0,8	2921	300
Переход 9				
Сверлить 2 отверстия Ø12	5	0,36	1088	123
Переход 10				
Фрезеровать 2 фаски 1,6x45	1,6	0,15	1200	223
Переход 11				
Нарезать резьбу Ø12	1	0,09	3334	126
Переход 12				
Фрезеровать плоскую поверхность, выдерживая размер 36 и 2	1	0,8	2364	300
Переход 13				
Сверлить отверстие Ø12	5	0,36	1088	123
Переход 14				
Фрезеровать фаску	1,6	0,15	1200	223
Переход 15				
Нарезать резьбу Ø12	1	0,09	3334	126
Переход 17				
Фрезеровать 2 паза размера 10	2	0,04	3089	97

## 2.9. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы при определенных организационно - технических условиях.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равного единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях серийного и массового производств устанавливаются расчетно – аналитическим методом:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт}, \quad (12)$$

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{от}, \quad (13)$$

где  $T_{п-з}$  – подготовительно – заключительное время на партию деталей, мин;

$N$  – количество деталей в настрочной партии, шт;

$t_o$  – основное время, мин;

$t_b$  – вспомогательное время, мин.

$t_{об}$  - время на обслуживание рабочего места, мин.;

$t_{от}$  - время перерывов на отдых и личные надобности, мин.;

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_b = t_{у.с.} + t_{з.о.} + t_{уп} + t_{из}, \quad (14)$$

где  $t_{у.с.}$  - время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{з.о.}$  - время на закрепление и открепление детали, мин.;

$t_{уп}$  - время на приемы управления, мин.;

$t_{из}$  - время на измерение детали, мин.;

Определим время на установку и снятие детали:

$$t_{у.с.} = 0,043 \text{ мин}$$

Определим время на закрепление и открепление детали:

$$t_{з.о.} = 0,010 \text{ мин}$$

Определим время на приемы управления:

$$t_{уп} = 0,01 + 0,025 = 0,035 \text{ мин}$$

Время на измерение детали равно 0 мин.

Определим вспомогательное время по формуле:

$$t_{в} = 0,043 + 0,010 + 0,035 = 0,088$$

Время на обслуживание рабочего места серийном производстве складывается из времени на организационное обслуживание  $t_{орг}$  и времени на техническое обслуживание  $t_{тех}$  рабочего места:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (15)$$

Время на техническое обслуживание  $t_{тех} = 2$  мин.

Время на организационное обслуживание  $t_{орг} = 2,3$  мин.

$$t_{об} = 2 + 2,3 = 4,3 \text{ мин}$$

Основное время  $t_o$  рассчитывается по всем переходам обработки с учетом совмещения переходов по формуле:

$$t_o = \frac{l \cdot i}{S_M}, \quad (16)$$

где  $l$  – расчётная длина обрабатываемой поверхности, мм.;

$i$  – число ходов;

$S_M$  – минутная подача.

В общем случае расчетная длина обрабатываемой поверхности:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{п} + l_{сх}, \quad (17)$$

где  $l_o$  – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм.;

$l_{вр}$  – длина врезания инструмента, мм.;

$l_{п}$  – длина подвода инструмента к заготовке, мм.;

$l_{сх}$  – длина перебега (схода) инструмента, мм.

Определим длину обрабатываемой поверхности в направлении подачи:

$$l_o = 135 + 110 = 245 \quad (18)$$

Длина подвода инструмента к заготовке и длина перебега (схода) инструмента равны:

$$l_{п} = l_{сх} = 2 \text{ мм} \quad (19)$$

Длина врезания инструмента  $l_{вр} = 5 \text{ мм}$

Определим расчетную длину обрабатываемой поверхности:

$$l = 245 + 5 + 2 + 2 = 254 \text{ мм}$$



Определим основное время по формуле

$$t_o = \frac{254 \cdot 1}{0,8} = 5,3 \text{ мин} \quad (20)$$

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем:

$$t_{оп} = t_o + t_v = 5,3 + 0,088 = 5,388 \text{ мин} \quad (21)$$

Трудоемкость операции определяется по формуле:

$$T_{шт-к} = \sum_{i=1}^n t_{оп}, \quad (22)$$

где n – количество операций.

Таблица 15 - Нормы времени

Наименование операции	То , мин	Тв , мин	Тпз,мин	Тшт, мин
Комплексная с ЧПУ	230,2	31,6	112,3	171,1

В результате произведенного расчета были определены технические нормы времени для фрезерной операции, а также установлены технические нормы времени для остальных операций механической обработки.

### 3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Числовое Программное Управление – это станок, который работает на числовом программном управлении и способен совершать действия, заданные ему с помощью специальной программы. Работа станка регулируется параметрами, заданными посредством математических формул и цифр, а также требованиями, обусловленными программой.

Работающий на числовом программном управлении, способен совершать те или иные действия, которые ему задаются при помощи специальной программы.

Программа может задавать такие параметры, как:

- Мощность
- Скорость работы
- Ускорение
- Вращение и много др.

Станок обслуживается оператором ЧПУ, который задает ему определенную программу, также в его функции входит наблюдение за последовательностью операций, которые выполняет станок, и контроль за соблюдением технологических процессов. Можно определить уровень, на котором находится производственное развитие предприятия, уровнем автоматизации технологических процессов (в том числе наличием станочного парка с использованием ЧПУ), при высоком уровне, соответственно, обеспечивается высокая точность и качество продукции, изготавливаемой предприятием.

Оператор ЧПУ, являющийся профессионалом, выполняет следующие виды работ:

- обслуживает оборудование (сюда входит подготовка, уборка рабочего места, установка и снятие деталей, уход за станком);

- осуществляет измерительные работы (осмотр заготовок и инструментов, проведение замеров с использованием специальных приборов, контроль параметров обрабатываемых деталей);

- налаживает оборудование на изготовление очередной серии деталей (подготовка и установка рабочих узлов станка, подбор приспособлений и инструментов, требуемых для обработки деталей) и запускает оборудование.

SINUMERIK 840D — полностью цифровая система для практически всех типов применений. Это системная платформа с прогрессивными функциями.

Совместно с цифровым преобразователем SIMODRIVE 611D и ПЛК SIMATIC S7-300 SINUMERIK 840D представляет полностью цифровую систему, которая подходит для сложных задач обработки и демонстрирует высокий уровень динамики и точности.

Во всем мире SINUMERIK 840D применяется для токарной обработки, сверления, фрезерования, шлифования, лазерной обработки, порезки, перфорации, изготовления оснастки и инструмента, как система управления прессами, для высокоскоростного раскроя материалов, обработки древесины и стекла, транспортировки, складских задач.

SINUMERIK 840D в модуле NCU (Numeric Control Unit — устройство числового управления) объединяет задачи ЧПУ, ПЛК и коммуникации. Установленный в каркас-носитель, NCU встраивается непосредственно в цифровую систему преобразования SIMODRIVE 611D, при этом он располагается справа, непосредственно у модуля питания-рекуперации.

Варианты процессоров NCU и системное программное обеспечение дает возможность оптимальной адаптации к станку и к задаче обработки. Такой модульный принцип позволяет оснастить целый ряд станков различного типа.

При помощи SINUMERIK 840D можно управлять максимум 31

осями/шпинделями. При максимальном использовании поддерживается до 10 каналов на каждую группу режимов работы и максимум 12 осей/шпинделей на каждый канал. Каждый канал может иметь свою собственную группу режимов работы.

SINUMERIK 840D позволяет просто и экономично обеспечить высокоэффективную защиту обслуживающего персонала и станков благодаря встроенным сертифицированным функциям защиты.

Все NCU изначально имеют встроенное подключение 4 быстрых цифровых входов/выходов ЧПУ.

Возможно объединение нескольких систем управления в одну.

### 3.1. Фрагмент управляющей программы центрования и сверления отверстий

Базовая точка – отверстие  $\varnothing 50$ , координаты точки  $x=0$ ,  $y=0$ .

2 отверстия  $\varnothing 40$  относительно нулевой точки находятся на расстоянии  $\pm 220$  мм. 2 отверстия  $\varnothing 25$  находятся на расстоянии  $x=-45$ ,  $y=50$  от точки  $\varnothing 40$ .

На рисунке 20 обозначены базовые точки.

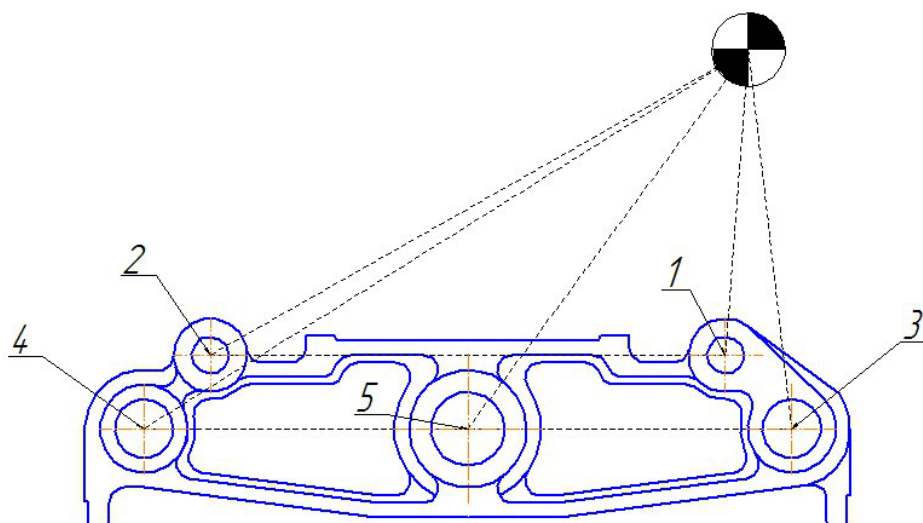


Рисунок 25 – базовые точки

Фрагмент управляющей программы:

N78 T1d1  
N79 M6  
N80 G90 G17 g54 G0  
N81 G97 S800 M3  
N82 G1 F80  
N83 MCALL CYCLE83(10,0,2,-62,-20,,10,0,,1,0,3,2,1,5,)  
N84 otv:  
N85 G17 G0 X = AC(175) Y = AC(50) ;  
N86 X = AC(-175) Y = AC(50) ;  
N87 ENDLABEL: ;  
N88 MCALL  
N89 g0 x300 y150 z100  
N90 T2d1  
N91 M6  
N92 G90 G17 g54 G0  
N93 G97 S800 M3  
N94 G1 F80  
N95 MCALL CYCLE83(5,0,2,-62,-20,,10,0,,1,0,3,2,0,5,)  
N96 otv1:  
N97 G17 G0 X = AC(-220) Y = AC(0) ;  
N98 X = AC(220) Y = AC(0)  
N99 ENDLABEL:  
N100 MCALL  
N101 g0 x300 y150 z100  
N102 T3d1  
N103 M6  
N104 G90 G17 g54 G0  
N105 G97 S800 M3

N106 G1 F80  
 N107 x0 y0 z5  
 N108 CYCLE83(5,0,2,-62,-20,,10,0,,1,0,3,2,0,5,)  
 N109 g0 x300 y150 z100  
 N110 m30

Далее представлена основная управляющая программа с частичной расшифровкой кадров.

Таблица 16 – управляющая программа с расшифровкой кадров

g0 x300 y150 z100	Ускоренное перемещение в точку смены инструмента
1	2
T1 D1 M6	T1 – Номер инструмента D1 – Корректор инструмента M6 – Смена инструмента
G54 G90 G17	G54 – активизация смещения нулевой точки детали (X0Z0 – нулевая точка детали) G90 - Программирование в абсолютных размерах, G17 – выбор плоскости программирования XY (фрезерные работы)
G97 S800 M3 G1 F80	G97 – постоянное число оборотов шпинделя S800 – Число оборотов – 800 об/мин M3 - Вращение шпинделя по часовой стрелке G1 – Линейная интерполяция F80-Включение подачи 80 м/мин
g0 x300 y150 z100	G0 - Быстрый подвод в точку с координатами x300 y150 z100
m30	m30-Конец программы. Возврат в начало программы.

## 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. Расчет капитальных затрат

Определяем размер капитальных вложений по формуле:

$$K = K_{об} + K_{прс}, \quad (23)$$

где  $K_{об}$  – капитальные вложения в оборудование, р.;

$K_{про}$  – капитальные вложения в программное обеспечение, руб.; т.к. предприятие располагает оборудованием для программирования станков с ЧПУ, то затрат на программное обеспечение нет. Определяем количество технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитываем по формуле:

$$g = \frac{t \cdot N_{год}}{F_{об} \cdot k_{ВН} \cdot k_3 \cdot 60}, \quad (24)$$

где  $t$  – штучно-калькуляционное время операции, ч.;

$N_{год}$  – годовая программа выполнения деталей, шт.;

$N_{год} = 500$  шт. базовый вариант;  $N_{год} = 1500$  шт. проектируемый вариант;

$F_{об}$  – действительный фонд времени работы оборудования;

$k_{ВН}$  – коэффициент выполнения норм времени,  $k_{ВН} = 1,0$ ;

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования, для серийного производства;  $k_3 = 0,75-0,85$ .

Рассчитываем действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле:

$$F_{об} = F_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right), \quad (25)$$

где  $F_n$  – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч.;

$k_p$  – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, %.

Номинальный фонд времени работы единицы оборудования определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч). Отсюда количества рабочих часов оборудования (номинальный фонд):

- при односменной работе составляет:

$$F_H = 244 \cdot 8 + 3 \cdot 7 = 1973 \text{ ч};$$

- при двухсменной работе:

$$F_H = 1973 \cdot 2 = 3946 \text{ ч};$$

- при трёхсменной работе:

$$F_H = 1973 \cdot 3 = 5919 \text{ ч}$$

Потери рабочего времени на ремонтные работы равны 2% рабочего времени для станка с ЧПУ. Отсюда действительный фонд времени работы оборудования, составляет:

$$F_{об} = 5919 \cdot \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 5800,62 \text{ ч базовый и проектируемый вариант}$$

Определяем количество технологического оборудования по формуле (19) по базовому варианту.

$$q_{МСV1000} = \frac{4,777 \cdot 500}{5800 \cdot 1,2 \cdot 0,85} = 0,4 \text{ шт}$$

Определяем количество технологического оборудования по формуле (19) по проектируемому варианту.

$$q_{VF-1} = \frac{2,852 \cdot 1500}{5800 \cdot 1,2 \cdot 0,85} = 0,72 \text{ шт},$$

После всех операций устанавливаем принятое число рабочих мест, округляя до ближайшего целого числа полученное значение (q).

Принимаемое количество станков:  $q_{МСV1000} = 1 \text{ шт}$ ,  $q_{VF-1} = 1 \text{ шт}$ .



## 4.2. Определение капитальных вложений в оборудование

В таблице 17 представлена сводная ведомость оборудования по базовому варианту, по проектируемому в таблице 18.

Таблица 17 – Сводная ведомость оборудования по базовому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.			Стоимость всего оборудования, тыс. р.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Первичная стоимость	
Вертикально-фрезерный	MCV1000	1	28	28	13490	22	13513	13513
Итого		1		28	13490		13513	13513

Таблица 18 – Сводная ведомость оборудования по проектируемому варианту

Наименование оборудования	Модель	Количество оборудования	Мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.				Стоимость всего оборудования, тыс. р.
			Одного станка	Всех станков	Цена	Монтаж	Демонтаж	Первоначальная стоимость	
станок ЧПУ	VF-1	1	22,4	22,4	3272	0	35	3272	3307
Итого		1		20,4					3307

Капитальные вложения в оборудования (Коб) с учетом загрузки станка составляют  $0,72 \cdot 3307 = 2381,04$  тыс.р.

#### 4.3. Расчет технологической себестоимости детали

Текущие затраты на обработку детали рассчитываются только по тем статьям затрат, которые изменяются в сравниваемых вариантах.

В общем случае технологическая себестоимость складывается из следующих элементов, согласно формуле:

$$C = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{э}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{и}}, \quad (26)$$

где  $Z_{\text{зп}}$  – затраты на заработную плату, р.;

$Z_{\text{э}}$  – зарплата на технологическую энергию, р.;

$Z_{\text{об}}$  – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{\text{осн}}$  – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{\text{и}}$  – затраты на малоценный инструмент, р.

***Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали.***

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{н}} + Z_{\text{к}} + Z_{\text{тр}}, \quad (27)$$

где  $Z_{\text{пр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

$Z_{\text{н}}$  – основная и дополнительная заработная плата со страховыми взносами наладчиков, р.;

$Z_{\text{к}}$  – основная и дополнительная заработная плата со страховыми взносами контролеров, р.;

$Z_{\text{тр}}$  – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

Численность станочников вычисляем по формуле:

$$C_{\text{ст}} = \frac{t \cdot N_{\text{год}} \cdot k_{\text{мн}}}{F_{\text{р}}}, \quad (28)$$

где  $F_p$  –действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1973 ч.;

$k_{mn}$  – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание,

$k_{mn} = 1$ ;

$t$  – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{год}$ –годовая программа выпуска деталей, базовый вариант

$N_{год} = 500$ шт., по проектируемому варианту  $N_{год} = 1500$  шт.

Действительный фонд времени работы станочника определяется по производственному календарю на текущий год (365 – календарное количество дней; 118 – количество выходных и праздничных дней; 247 – количество рабочих дней, из них: 3 – сокращенные предпраздничные дни продолжительностью 7 ч; 244 – рабочие дни продолжительностью 8 ч; потери: 24 – отпуск очередной, 1 – потери пол больничному листу, 4 – прочие; итого потерь – 29 дня.). Отсюда количество рабочих часов станочника составляет 1741 ч.

Принимаем заработную плату производственных рабочих и рассчитываем численность рабочих по формуле (28). Результаты вычислений по базовому варианту сводим в таблицу 19, по проектируемому варианту в таблицу 20.

Таблица 19 – Затраты на заработную плату станочников по базовому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
Программно-фрезерная	3	120	1,044	125,28	0,27
Программно-фрезерная	3	120	2,217	532,08	0,56
Программно-фрезерная	3	120	0,883	105,96	0,22
Программно-фрезерная	3	120	0,633	75,96	0,16
Итого				839,28	1,21

Посчитаем затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 839,28 \cdot 500 = 419640 \text{ р.}$$

$$k_{\text{мн}} = 1; k_{\text{доп}} = 1,16; k_p = 1,15.$$

$$Ззп = 419640 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 559799,76 \text{ р.}$$

Таблица 20 – Затраты на заработную плату станочников по проектируемому варианту

Наименование операции	Разряд	Часовая тарифная ставка, р.	Штучно-калькуляционное время, ч	Заработная плата, р	Расчётная численность станочников, чел.
Комплексная с ЧПУ	3	125	2,855	356,54	2,29
Итого				356,54	2,29

Посчитаем затраты на заработную плату на годовую программу:

$$Ззп = 356,54 \cdot 1500 = 534810 \text{ р.}$$

$$k_{\text{мн}} = 1; k_{\text{доп}} = 1,16; k_p = 1,15.$$

$$Ззп = 534810 \cdot 1 \cdot 1,16 \cdot 1,15 = 713436,54 \text{ руб.}$$

Заработная плата вспомогательных рабочих рассчитываем по формуле:

$$З_{\text{всп}} = \frac{C_T^{\text{всп}} \cdot F_p \cdot \tau_{\text{всп}} \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_p}{N_{\text{год}}}, \quad (29)$$

где  $F_p$  – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, 1973ч.;

$N_{\text{год}}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{\text{год}} = 1500$  шт.;

$k_p$  – районный коэффициент,  $k_p = 1,2$ ;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,

$$k_{\text{доп}} = 1,23;$$

$C_T^{всп}$  – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, 90р.;

$Ч_{всп}$  – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, р.

Численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда определяется по формуле:

$$Ч_{нал} = \frac{g_n \cdot n}{N}, \quad (30)$$

где  $g_n$  – расчетное количество оборудования, согласно расчетам, составляет  $g_n = 0,772$  шт.;

$n$  – число смен работы оборудования,  $n = 2$ ;

$N$  – число станков, обслуживаемых одним наладчиком,  $N = 6$  шт.

$$Ч_{нал} = \frac{0,4 \cdot 2}{10} = 0,08 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{трансп.} = 0,08 \cdot 0,05 = 0,004 \text{ чел.};$$

$$Ч_{контр.} = 0,08 \cdot 0,07 = 0,0056 \text{ чел.}$$

По формуле произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{нал.} = \frac{90 * 1973 * 0,08 * 1,23 * 1,2}{500} = 41,94 \text{ р.}$$

$$З_{трансп.} = \frac{90 * 1973 * 0,004 * 1,23 * 1,2}{500} = 2,1 \text{ р.};$$

$$З_{контр.} = \frac{90 * 1973 * 0,0056 * 1,23 * 1,2}{500} = 2,94 \text{ р.}$$

Данные о численности вспомогательных рабочих и заработной плате, которая приходится на одну деталь по каждому из вариантов, заносим в таблицу.

Таблица 21 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по базовому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	90	0,08	41,94
Транспортный рабочий	90	0,004	2,1
Контролер	90	0,0056	2,94
Итого		0,09	46,98

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{зп} = 46,98 \cdot 500 = 23490 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле (4):

$$З_{зп} = 559799,76 + 23490 = 583289,76 \text{ р.}$$

По проектируемому варианту:

$$Ч_{\text{нал}} = \frac{0,72 \cdot 2}{10} = 0,144 \text{ чел.}$$

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников, отсюда:

$$Ч_{\text{трансп.}} = 0,144 \cdot 0,05 = 0,0072 \text{ чел.};$$

$$Ч_{\text{контр.}} = 0,144 \cdot 0,07 = 0,01 \text{ чел.}$$

По формуле произведем вычисления заработной платы вспомогательных рабочих:

$$З_{\text{нал.}} = \frac{90 \cdot 1973 \cdot 0,144 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1500} = 25,16 \text{ р.}$$

$$З_{\text{трансп.}} = \frac{90 \cdot 1973 \cdot 0,0072 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1500} = 1,26 \text{ р.};$$

$$З_{\text{контр.}} = \frac{90 \cdot 1973 \cdot 0,01 \cdot 1,23 \cdot 1,2}{1500} = 1,75 \text{ р.}$$

Таблица 22 – Затраты на заработную плату вспомогательных рабочих по проектируемому варианту

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Наладчик	90	0,144	25,16
Транспортный рабочий	90	0,0072	1,26
Контролер	90	0,01	1,75
Итого		0,16	28,17

Определим затраты на заработную плату за год:

$$З_{\text{ЗП}} = 28,17 \cdot 1500 = 42255 \text{ р.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату по формуле:

$$З_{\text{ЗП}} = 713436,54 + 42255 = 755691,54 \text{ р.}$$

#### 4.4. Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию, расходуемую на выполнение одной деталиеоперации, рассчитываем по формуле

$$З_{\text{э}} = \frac{N_y \cdot k_N \cdot k_{\text{вр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_W \cdot t}{\eta \cdot k_{\text{вн}}} \quad (31)$$

где  $N_y$  – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

$k_N$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности,

$$k_N = 0,2 \div 0,4;$$

$k_{\text{вр}}$  – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени, для среднесерийного производства  $k_{\text{вр}} = 0,7$ ;

$k_{\text{од}}$  – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка,  $k_{\text{од}} = 1$  - при одном двигателе;

$k_W$  – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия,  $k_W = 1,04 \div 1,08$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту станка);

$k_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{\text{вн}} = 1,02$ ;

$\Pi_3$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии,  $\Pi_3 = 3,71$  р.

Производим расчеты по вариантам по формуле (31):

$$З_3(MCV1000) = \frac{28 * 0.2 * 0.7 * 1 * 1.06 * 4,777}{0.9 * 1.02} * 3,71 = 80,22 \text{ р.};$$

$$З_3(VF - 1) = \frac{22,4 * 0.2 * 0.7 * 1 * 1.06 * 2,852}{0.7 * 1.02} * 3,71 = 49,26 \text{ р.};$$

Результаты расчетов по вариантам сводим в таблицу 23 по проектируемому варианту в таблицу 24

Таблица 23 – Затраты на электроэнергию по базовому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
MCV100	28	4,777	80,22
Итого			80,22

Определим затраты на электроэнергию плату за год:

$$З_3 = 80,22 \cdot 500 = 40110 \text{ р.}$$

Таблица 24 – Затраты на электроэнергию по проектируемому варианту

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, ч	Затраты на электроэнергию, р.
VF-1	22,4	2,852	49,26
Итого			49,26



Определим затраты на электроэнергию за год:

$$З_э = 49,26 \cdot 1500 = 73890 \text{ р}$$

#### 4.5. Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$З_{об} = C_{ам} + C_{рем}, \quad (32)$$

где  $C_{рем}$  – затраты на ремонт технологического оборудования, р.;

$C_{ам}$  – амортизационные отчисления от стоимости технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления на каждый вид оборудования определяют по формуле:

$$C_{ам} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{ам} \cdot t}{F_{об} \cdot k_3 \cdot k_{вн}}, \quad (33)$$

где  $Ц_{об}$  – цена единицы оборудования, р.;

$N_{ам}$  – норма амортизационных отчислений,

$N_{амБ} = 10\%$  для базового оборудования,

$N_{амН} = 7\%$  - для нового оборудования;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{об}$  – годовой действительный фонд работы оборудования,  $F_{обБАЗ} = F_{обНОВ} = 5800$  ч;

$k_3$  – нормативный коэффициент загрузки оборудования,  $k_3 = 0,85$ ;

$k_{вн}$  – коэффициент выполнения норм,  $k_{вн} = 1,02$ .

Производим расчеты по вариантам по формуле (9):

$$C_{ам}(MCV1000) = \frac{13513000 \cdot 0,1 \cdot 4,777}{5800 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 1283,69 \text{ р.};$$

$$C_{ам}(V300) = \frac{3307000 \cdot 0,07 \cdot 2,852}{5800 \cdot 0,85 \cdot 1,02} = 131,29 \text{ р.};$$

Результаты расчета затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования по базовому варианту заносим в таблицу 25 по проектируемому в таблицу 26.

Таблица 25 - Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования базовый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
МСV1000	13513	1	10	4,777	1283,69	192,55
Итого					1283,69	192,55

Таблица 26 – Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования проектируемый вариант

Модель станка	Стоимость, тыс. р.	Количество, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, ч	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
VF-1	3307	1	7	2,852	131,29	28,13
Итого					131,29	28,13

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования рассчитывается по формуле :

$$З_6 = 1283,69 + 192,55 = 1476,24 \text{ р.}$$

$$З_п = 131,29 + 28,13 = 159,42 \text{ р.}$$

#### 4.6. Затраты на эксплуатацию инструмента

Затраты на эксплуатацию инструмента в технологии вычисляем по формуле:

$$З_{и} = \frac{Ц_{и} + \beta_n * Ц_n}{T_{ст} * N_{год} * (\beta_n + 1)} * T_m * \eta_{и}, \quad (34)$$

где  $C_{и}$  – цена единицы инструмента, р;

$\beta_n$  - число переточек;

$C_{п}$  – стоимость одной переточки;

$T_{ст}$  – период стойкости инструмента;

$T_{м}$  – машинное время;

$\eta_{и}$  - коэффициент случайной убыли инструмента,  $\eta_{и} = 0,98$ ;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = 1500$ .

В таблице 27 укажем инструмент, используемый в базовом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 27 – Перечень инструмента базового тех. процесса

Операция	Инструмент	Машинное время мин	Цена единицы инструмента	Суммарный период стойкости инструмента мин	Затраты на переточку инструмента а, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Фреза ASX400-080B06R Mitsubishi	9	19965	120		0,98	0,97
	Пластина SOMT12T308 PEER-JH VP15TF		420			0,98	0,27
010	Сверло центровочное Ø20 P6M5K5	2,3	715	350	730(8)	0,98	0,003
010	Сверло Ø38 ГОСТ 10903-77	2	715	350	730(8)	0,98	0,003
010	Зенкер Ø40 h8 ГОСТ 12489-71	2,5	1420	230		0,98	0,01
010	Микрометрическая расточная головка B301 Komet		29115			0,98	0,01

Продолжение таблицы 27 – Перечень инструмента базового тех. процесса

1	2	3	4	5	6	7	8
	Презиционная расточная вставка Ø40 M302 Komet	14,8	26590	300		0,98	0,85
	Пластина T0HX06T102 Komet		1175			0,98	0,77
020	Сверло Ø23,5 ГОСТ 10903-77	2,1	715	350	730(8)	0,98	0,003
020	Зенкер Ø25 u8 ГОСТ 12489-71	2,4	1420	230		0,98	0,01
020	Фреза AJX12R403SA3 2S Mitsubishi	13,2	14700	120		0,98	1,06
	Пластина JDMW120420Z DSR-FT FH7020		482			0,98	0,32
020	Зенкер Ø50 u8 ГОСТ 12489-71	2,4	1420	230		0,98	0,01
020	Набор для прецизионной расточки M05 MicroCom hi.flex Komet		16198 3			0,98	105,8
020	Микрометриче ская расточная головка B301 Komet		29115			0,98	0,01

Окончание таблицы 27 – Перечень инструмента базового тех. процесса

1	2	3	4	5	6	7	8
020	Прецизионная расточная вставка Ø50 M302 Komet	14,8	26590	300		0,98	0,85
	Пластина T0HX06T102 Komet		1175			0,98	0,77
030	Сверло Ø10,4 ГОСТ 12121-77	1,9	715	350	730(8)	0,98	0,003
030	Зенковка ГОСТ 14953-80	1,6	950	200		0,98	0,03
030	Метчик M12x1,75 EMUGE	1,5	418	230	540(2)	0,98	0,005
040	Фреза Ø32 ГОСТ 17026-71	14,3	281	80		0,98	0,03
040	Метчик M12- 7H ГОСТ 3266- 81	1,5	637	230	540(2)	0,98	0,003
040	Фреза Ø8 ГОСТ 9140-78	13,8	264	80		0,98	0,03
Ито го							111,79

Таким образом, затраты на эксплуатацию инструмента по базовому технологическому процессу составляют 111,79 руб.

В таблице 28 укажем инструмент, используемый в проектируемом тех. процессе и время работы инструмента.

Таблица 28 – Перечень инструмента проектируемого технологического процесса

Операция	Инструмент	Машинное время мин	Цена единицы инструмент	Суммарный период стойкости инструмент а, мин	Затраты на переточку инструмент а, руб.	Коэффициент убыли	Итого затраты, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8
010	Фреза торцевая CoroMill® 415 Sandvik	13,2	14160	330		0,98	0,37
	Пластина IC05		840			0,98	0,55
	Крепление инструмента Coromant EH		2300				
010	Сверло ступенчатое 29670-6-20-8 Зубр	2	3820	370		0,98	0,012
010	Сверлильная головка 800.24 Ø39 ГОСТ 12489-71	3,5	19560	230		0,98	0,2
	пластина 800- 05 03 08M-C-L 1025		529			0,98	0,34
010	Расточная головка B301 Komets		29115	300		0,98	0,06
010	Расточная вставка Ø40 M302 Komets	14,8	26590	300		0,98	0,86
	Расточная вставка Ø50 M302 Komets	14,8	26590	300		0,98	0,86
	Пластина K10 Komets		1175			0,98	0,77

Окончание таблицы 28 – Перечень инструмента проектируемого технологического процесса

1	2	3	4	5	6	7	8
010	Фреза концевая CoroMill Plura 1P260-2540-XA 1620	2,4	3800	400		0,98	0,02
	Пластина 800-05 03 08M-C-L 1025		529			0,98	0,35
010	Сверло SEB 406CL-MT10	2	2900	370		0,98	0,01
010	Фреза CoroMill 495	1,6	4600	300		0,98	0,02
	Пластина 495-09T3M-PM 1130		415			0,98	0,27
010	Фреза CoroMill® Plura Для резьбофрезерования	1,5	2500	300		0,98	0,008
010	Фреза CoroMill Plura Ø10	12,1	730	80		0,98	0,07
Итого							5,866

Таким образом, затраты на эксплуатацию инструмента по базовому технологическому процессу составляют 5,866 руб.

#### 4.7. Затраты на оснастку

Затраты на оснастку вычисляем по формуле

$$З_{\text{осн}} = \frac{g_p \cdot H_{\text{прс}} \cdot U_{\text{прс}} \cdot N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (35)$$

где  $g_p$  – принятое количество оборудования, ( $g_p = 0,4$  шт.);

$N_{прс}$  – количество приспособлений на единицу оборудования, ( $N_{прс} = 1$ );

$C_{прс}$  – стоимость приспособлений, ( $C_{прс1} = 4900$  р;  $C_{прс2} = 6400$ р)

$N_{ам}^{прс}$  - норма амортизационных отчислений на приспособления,

( $N_{ам}^{прс} = 57\%$ );

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей,  $N_{год} = (1500$  шт.).

Производим расчет затраты на оснастку по формуле (11):

$$Зосн(мсв1000) = \frac{0,4 * 1 * 4900 * 57}{1500 * 100} = 0,75 \text{ р.}$$

$$Зосн(vf - 1) = \frac{0,72 * 1 * 6400 * 57}{1500 * 100} = 1,75 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимость годового объема выпуска детали сводим в таблицу 29.

Таблица 29 – Технологическая себестоимость обработки детали

Статьи затрат	Сумма, руб. Базовый вариант	Сумма, руб. Проектируемый вариант
Заработная плата с начислениями	886,26	384,71
Затраты на технологическую электроэнергию	80,22	49,26
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	1476,24	159,42
Затраты на эксплуатацию оснастки	0,75	1,75
Затраты на малоценный инструмент	111,79	5,866
Итого	2555,26	601,01



#### 4.8. Определение годовой экономии от изменения техпроцесса

Одним из основных показателей экономического эффекта от спроектированного варианта технологического процесса является годовая экономия, полученная в результате снижения себестоимости:

$$\mathcal{E}_{год} = (C_{б} - C_{пр}) \cdot N_{год}, \quad (36)$$

где  $C_{б}$ ;  $C_{пр}$  – технологическая себестоимость одной детали по базовому и проектируемому вариантам соответственно, р.;

$N_{год}$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{год.} = (2555,26 - 601,01) \cdot 1500 = 2931375 \text{ р.}$$

#### *Анализ уровня технологии производства*

Анализ уровня технологии производства являются составляющей частью анализа организационно-тематического уровня производства.

Удельный вес каждой операции определяется по формуле:

$$Y_{оп} = \frac{T^t}{T} \cdot 100\%, \quad (37)$$

где  $T^t$  – штучно-калькуляционное время на каждую операцию;

$T$  – суммарное штучно-калькуляционное время обработки детали.

Производим расчеты удельного веса операции по формуле (37) по базовому варианту:

$$Y_{оп}(MCV1000) = \frac{4,777}{4,777} \cdot 100\% = 100\%;$$

$$Y_{оп}(VF-1) = \frac{2.852}{2.852} \cdot 100\% = 100\% - \text{по проектируемому варианту.}$$

#### *Доля прогрессивного оборудования*

Доля прогрессивного оборудования определяется по его стоимости в общей стоимости использования оборудования и по количеству. Удельный вес по количеству прогрессивного оборудования определяется по формуле:

$$Y_{пр} = \frac{g_{пр}}{g_{\Sigma}} \cdot 100\%, \quad (38)$$

где  $g_{\text{пр}}$  – количество единиц прогрессивного оборудования,  $g_{\text{пр}} = 1$  шт.;

$g_{\Sigma}$  – общее количество использованного оборудования,  $g = 1$  шт.

$$Y_{\text{пр}} = \frac{1}{1} \cdot 100\% = 100\%.$$

Определим производительность труда на программных операциях:

$$B = \frac{F_p \cdot \kappa_{\text{вн}} \cdot 60}{t}, \quad (39)$$

где  $F_p$  – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$\kappa_{\text{вн}}$  – коэффициент выполнения норм;

$t$  – штучно-калькуляционное время, мин.

Производительность труда в усовершенствованном техпроцессе:

$$B_{\text{пр.}} = \frac{1973 \cdot 1,2 \cdot 60}{171,1} = 830,25 \text{ шт} / \text{чел.год}$$

Производительность труда в базовом техпроцессе:

$$B_{\text{б}} = \frac{1973 \cdot 1,2 \cdot 60}{286,64} = 495,59 \text{ шт} / \text{чел.год}$$

Рост производительности труда:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{пр}} - B_{\text{б}}}{B_{\text{б}}} \cdot 100\%, \quad (40)$$

где  $B_{\text{пр}}$ ,  $B_{\text{б}}$  – производительность труда соответственно проектируемого и базового вариантов.

$$\Delta B = \frac{830 - 496}{496} \cdot 100\% = 67,34\%$$

В таблице 30 представлены технико-экономические показатели проекта.

Таблица 30 – Техничко-экономические показатели проекта

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения показателей		Изменение показателей
		базовый вариант	проектный вариант	
Годовой выпуск деталей	шт.	500	1500	+1000
Количество оборудования	шт.	1	1	0
Количество рабочих	чел.	3	3	0
Сумма инвестиций	тыс. руб.		2381,04	
Трудоёмкость обработки одной детали	н/ч	4,777	2,852	-1,93
Технологическая себестоимость одной детали, в том числе: - затраты на инструмент - заработная плата рабочих	руб.	2555,26  320980 559799	601,01  186365 583289	1954,25  134615 23490
Доля прогрессивного оборудования	%	1	1	0
Производительность труда	шт/чел.год	496	830	334
Сменность		3	3	0
Рост производительности труда	%	100	167,34	67,34
Коэффициент загрузки оборудования		40%	72%	32%
Годовой экономический эффект	тыс. руб.	-	2931,375	2931,375
Срок окупаемости	года		4	

Как видно из расчётов себестоимость продукции снижается в 4 раза в результате роста производительности труда, сокращения удельных затрат материалов. Рост производительности труда обуславливает увеличение

объема выпуска продукции с 500 шт. до 1500 шт. в год, что также ведет к снижению себестоимости продукции.

В результате совершенствования технологии механической обработки детали «Балансир», расчета снижения трудоемкости технологического процесса и роста производительности труда, связанных с внедрением в производство другого эффективного металлообрабатывающего оборудования, был получен годовой экономический эффект в размере 2931,375 т.р. и срок окупаемости проекта 3,9 года.

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5.1. Вводная часть

В связи с изменением требований к технологическому процессу и внедряемому современному оборудованию необходимо переподготовить персонал для работы на внедряемом оборудовании. Переподготовка персонала будет проводиться на базе учебного центра ЧУДПО «Учебный центр «Уралмашзавод»

Переподготовку будем вести для рабочих, которые до этого работали на станках с ЧПУ и имеют 3 разряд.

В условиях рыночных отношений вопросы переподготовки и повышения квалификации рабочего персонала приобретают особую необходимость. Для повышения конкурентоспособности и стабильности на рынке необходимо иметь квалифицированный персонал, поэтому необходимо сформировать систему подготовки и повышения квалификации рабочих кадров.

Адаптация к конкурентоспособному рынку, проведение модернизации производств, реструктуризацией занятости и изменением требований к качеству рабочей силы поставило ряд важных задач перед учебными центрами на предприятиях.

Внедряемое оборудование и новые технологии предъявляют высокие требования к профессиональной подготовке рабочих для обслуживания данного оборудования. В ходе развития и модернизации производства одни профессии заменяются другими или трансформируются. Трудовой ритм возрастает, меняются технологическое оснащение и оснастка, условия работы меняются. Всё это требует пересмотреть вопросы к подготовке, переподготовке и повышению квалификации рабочих кадров.

Для создания этих условий требуется пересмотреть учебные планы и

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

методическое обеспечение, имеющееся в учебных центрах предприятий.

В связи с приобретением и внедрением в производственный процесс нового оборудования и разработкой новых современных технологических процессов, в учебном центре ЧУДПО «Учебный центр «Уралмашзавод» ведется переподготовка операторов обрабатывающих центров. Учебный центр осуществляет профессиональную подготовку и повышение квалификации по профессиям машиностроительного комплекса и профессиональное обучение персонала предприятия в области охраны труда, эксплуатации опасных производственных объектов.

Цель работы учебного центра – подготовка новых рабочих, повышение квалификации рабочих и специалистов АО «Уралтрансмаш» и других предприятий города.

В учебном центре работают опытные и квалифицированные преподаватели и мастера, имеющие большой практический стаж работы. Также в процессе обучения привлекаются специалисты-практики ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий, преподавательский состав ВУЗов.

Для успешного качественного обучения в учебном центре имеется учебно-практическая база, которая позволяет не только проводить теоретическое обучения, но и лабораторно-практические занятия по отработке трудовых навыков и умений, также и для прохождения производственного обучения на учебно-производственным участках. Весь аудиторный фонд учебного центра оснащен мультимедийным оборудованием, созданы комфортные условия для обучающихся.

Операторы обрабатывающих центров с ЧПУ, прошедшие полный курс обучения по теоретическому материалу выходят на практические занятия на свои рабочие места, а затем сдают квалификационные экзамены, в которые включаются выполнение пробной работы и проверка технических знаний, после чего им присваивается 4-й разряд. После сдачи квалификационного

экзамена слушатели курсов, получившие разряд, будут допущены к работе на новом современном оборудовании с ЧПУ.

## 5.2. Анализ профессионального стандарта по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ»

Проанализируем учебный план учебного центра ПАО «Уралмашзавод» на соответствие профессиональному стандарту «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», утвержденному приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «4» августа 2014г. № 530н. Данным стандартом рассматриваются обобщенные трудовые функции, конкретные трудовые функции, требования к знаниям и умениям, опыту работы и образованию.

Обобщенные трудовые функции и трудовые функции оператора-наладчика обрабатывающих центров с ЧПУ представлены в таблице 23.

Таблица 31 – Обобщённые трудовые функции и функции оператора-наладчика обрабатывающих центров

Обобщенные трудовые функции		Трудовые функции		
Наименование	уровень квалификации	наименование	код	уровень квалификации
1	2	3	4	5
Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 8–14 квалитетам	A/01.2	2
		Настройка технологической последовательности обработки и режимов резания, подбор режущих и измерительных инструментов и приспособлений по техн-кой карте	A/02.2	2
		Установка деталей в универсальных и специальных приспособлениях и на столе станка с выверкой в двух плоскостях	A/03.2	2

Окончание таблицы 31 – Обобщённые трудовые функции и функции оператора-наладчика обрабатывающих центров

1	2	3	4	5
		Отладка, изготовление пробных деталей и передача их в отдел технического контроля (ОТК)	A/04.2	2
		Подналадка основных механизмов обрабатывающих центров в процессе работы	A/05.2	2
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 8–14 квалитетам	A/06.2	2
		Инструктирование рабочих, занятых на обслуживаемом оборудовании	A/07.2	2
Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 квалитетам	B/01.3	3
		Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	B/02.3	3
		Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	B/03.3	3
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7–8 квалитетам	B/04.3	3
Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/01.4	4
		Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 квалитету и выше	C/02.4	4



В соответствии с данным стандартом, Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением должен уметь:

- образование и обучение - среднее профессиональное образование – программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих);
- опыт практической работы - не менее одного года работ третьего квалификационного уровня по профессии «оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ».

Рассмотрим одну из обобщенных трудовых функций, соответствующую вышеназванной квалификации рабочего - Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей. Трудовая функция, согласно профессиональному стандарту, имеет код С и четвертый уровень квалификации. Это самый высокий уровень квалификации.

Обобщенная трудовая функция содержит две трудовые функции:

- наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше (код С/01.4);
- обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше (код С/02.4).

Трудовые действия по каждой трудовой функции представлены в таблице 32 и 33.

Таблица 32 - Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше

Трудовые действия	Трудовые действия по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 качествам»
	Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий
	Наладка обрабатывающих центров для обработки поверхностей
Необходимые умения	Необходимые умения по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 качествам»
	Перемещать деталь по осям в ручном режиме
	Программировать в полуавтоматическом режиме
Необходимые умения	Программировать дополнительные функции станка
	Производить наладку обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству
Необходимые знания	Необходимые знания по трудовой функции код В/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7–8 качествам»
Другие характеристики	Прохождение обучения по электробезопасности

Таблица 33 - Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше (код С/02.4)

Трудовые действия	Трудовые действия по трудовой функции код С/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше»
	Обработка отверстий в деталях по 6 качеству и выше
	Обработка поверхностей деталей по 6 качеству и выше
Необходимые умения	Использовать контрольно-измерительные инструменты для проверки изделий на соответствие требованиям конструкторской документации станка и инструкции по наладке
	Пользоваться конструкторской документацией станка и инструкцией по наладке для выполнения данной трудовой функции
	Выполнять обработку отверстий в деталях и поверхностей деталей по 6 качеству и выше
Необходимые знания	Необходимые знания по трудовой функции код С/01.3 «Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий и поверхностей в деталях по 6 качеству и выше»

Исходя из требований профессионального стандарта к оператору-наладчику обрабатывающих центров с ЧПУ, разработаем программу повышения квалификации, которая включает в себя теоретический курс и

производственное обучение.

На основе анализа профессионального стандарт по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» 4-го разряда разрабатываем учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» для реализации в учебном центре АО «Уралтрансмаш».

## 5.2. Учебный план повышения квалификации

Профессия – Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

Квалификация - 4-ий разряд

Срок обучения - 2 месяца

Таблица 34 - Учебный план

п/п	Темы	Количество часов	
		теория	практика
1	2	3	4
	Инструктаж по охране труда при работе на станках с ЧПУ	2	
	Конструкторско-технологическая документация. Черчение и чтение чертежей	4	2
	Допуски, посадки и технические измерения. Контроль изделий машиностроения	4	
	Сведения о технологических процессах обработки деталей на станках с программным управлением	4	
	Основные понятия о программном управлении станками	2	
	Программирование станка с ЧПУ на примере обрабатывающего центра Haas VF-1	4	
	Упражнения в выполнении наладки для обработки поверхностей и отверстий 6 качества и под наладки узлов и механизмов в процессе работы		16
	Освоение различных операций по обработке средней сложности и сложных деталей с пульта управления с большим числом переходов		16
	Освоение различных операций по обработке сложных деталей с пульта управления с большим числом переходов, перестановки и комбинированного крепления		20

### Окончание таблицы 34 - Учебный план

1	2	3	4
0	Самостоятельное выполнение работ оператора станков с программным управлением		64
1	Квалификационный экзамен		6
	ИТОГО:		144

Предлагаемый учебный план соответствует профессиональным стандартам и может быть реализован в учебном центре ПАО «Уралмашзавод».

Программа обучения по предлагаемому учебному плану включает в себя теоретическое и производственное обучение в количестве 144 часов.

Для разработки методической части дипломного проекта выберем тему «Программирование станка с ЧПУ», а именно «Способы задания круговой интерполяции в системе ЧПУ».

Данная тема изучается в течении 4 часов.

Разработаем перспективно-тематический план по выбранной теме.

Таблица 35 - Перспективно-тематический план

	Наименование тем	Виды занятий		
		теоретические	практические	Всего часов
Теоретическое обучение				
	Тема 1. Способы задания линейной интерполяции Функция. Выполнение. Пример программирования.	2	-	2
	Тема 2. Способы задания круговой интерполяции в системе ЧПУ Объяснение команд и параметров. Программирование окружности с центром и конечной точкой. Программирование окружности с радиусом и конечной точкой. Программирование окружности с полярными координатами.	2	-	2
	Всего часов (теоретического обучения)	4	2	6

### 5.3. Разработка методики проведения занятия

Тема урока «Способы задания круговой интерполяции в системе ЧПУ.»

Цели урока.

Обучающая:

- сформировать знания о линейной интерполяции
- сформировать знания о круговой интерполяции

Развивающая:

- развивать профессиональный интерес, мышление и технический кругозор.

Воспитательная:

- воспитывать культуру общения, культуру речи (в том числе с использованием специальной предметной терминологии).

Тип урока: урок усвоения новых знаний

Метод обучения: рассказ, демонстрация презентации

Оснащение урока:

- ноутбук,
- мультимедиапроектор,
- экран,
- слайды,
- симуляторы системы ЧПУ SINUMERIK 840D

Время, отведенное на урок: 2 академических часа

Таблица 36 - Ход занятия

№	Этап	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность учащихся
1	2	3	4	5
1	Организационный	5	Приветствует учащихся.	
2	Актуализация знаний	10	Задает вопросы	Отвечают на вопросы.

# Окончание таблицы 36 - Ход занятия

1	2	3	4	5
3	Изучение нового материала	50	Излагает новый учебный материал с использованием компьютерной презентации План изложения нового материала: Объяснение команд и параметров. Программирование окружности с центром и конечной точкой. Программирование окружности с радиусом и конечной точкой. Программирование окружности с полярными координатами.	Слушают, составляют конспект изучаемого материала. Изучают содержимое слайдов, запоминают новый материал.
4	Закрепление нового материала.	15	Задаёт ряд вопросов по новому материалу. Отвечает на вопросы учащихся.	Отвечают на задаваемые вопросы.
5	Заключительный	5	Подводит итоги занятия.	Слушают
6	Домашнее задание	5	Повторить пройденный материал	Записывают в тетрадь.

На основе представленного плана разработаем сценарий урока.

Организационный этап: поприветствовать учащихся, сообщить тему и цели занятия, сообщить план изложения нового материала:

- объяснение команд и параметров
- программирование окружности с центром и конечной точкой
- программирование окружности с радиусом и конечной точкой
- программирование окружности с полярными координатами

Вопросы для актуализации знаний:

1. Что происходит с помощью G1?

Предполагаемый ответ: инструмент движется по параллельным осям, наклонным или имеющим любое расположение в пространстве прямым.

2. Что определяет FGROUP?

Предполагаемый ответ: группы осей, для которых действует траекторная подача F.

### 3. Что означает код G17 S400 M3

Предполагаемый ответ: выбор рабочей плоскости, шпиндель справа.

Изложение нового учебного материала:

Тема занятия: «**Способы задания круговой интерполяции в системе ЧПУ**».

Круговая интерполяция – это движение инструмента по дуге.

Для того чтобы запрограммировать движения по дуге, используются подготовительные функции G2 и G3. (слайд 1)

#### **Объяснение команд и параметров**

G2- движение по круговой траектории по часовой стрелке

G3 – движение по круговой траектории против часовой стрелки

CIP – Круговая интерполяция через промежуточную точку

СТ – Окружность с тангенциальным переходом

X Y Z – Конечная точка в декартовых координатах

I J K – Центр окружности в декартовых координатах (в направлении X, Y, Z)

AP = Конечная точка в полярных координатах, здесь полярный угол

RP= Конечная точка в полярных координатах, здесь полярный радиус соответствует радиусу окружности

CR= Радиус окружности

AR= Аппретурный угол

I1= J1= K1= Промежуточная точка в декартовых координатах (в направлении X, Y, Z) (Слайд 2)

Круговая интерполяция позволяет изготавливать не только полный круг, но и дуги окружностей.

#### **Указание рабочей плоскости**

Для вычисления направления вращения окружности – G2 по часовой стрелке/G3 против часовой стрелки требуется указание рабочей плоскости

(G17 до G19). Рекомендуется всегда указывать рабочую плоскость. Исключение: можно создавать окружности и вне выбранной рабочей плоскости (не при указании аппретурного угла и спиральной линии). В этом случае плоскость окружности определяют адреса осей, которые указываются в качестве конечной точки окружности. (Слайд 3)

### **Программирование окружности с центром и конечной точкой**

круговое движение описывается через:

- конечную точку в декартовых координатах X, Y, Z
- центр окружности по адресам I, J, K, где: I - координата центра окружности в направлении X, J - координата центра окружности в направлении Y, K - координата центра окружности в направлении Z.

Если окружность программируется с центром, но без конечной точки, то получается полный круг.

### **Ввод в абсолютном и составном размере**

Предварительные установки G90/G91 абсолютного или составного размера действуют только для конечной точки окружности. Координаты центра I, J, K стандартно вводятся в составном размере относительно начальной точки окружности.

Абсолютное указание центра относительно нулевой точки детали программируется покадрово с помощью: I=AC(...), J=AC(...), K=AC(...)

Пример составного размера:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 I-17.5 J-30.211

F500

Пример абсолютного размера:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 I=AC(50)

J=AC(50) (Слайд 4)

Параметр интерполяции I, J, K со значением 0 можно не указывать, но



соответствующий второй параметр обязательно должен быть введен.

Пример составного размера:

N120 G0 X12 Z0

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G3 X70 Z-75 I-3.335 K-29.25

N135 G1 Z-95

Пример абсолютного размера:

N120 G0 X12 Z0

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G3 X70 Z-75 I=AC(33.33)

K=AC(-54.25)

N135 G1 Z-95 (Слайд 5)

### **Программирование окружности с радиусом и конечной точкой**

Круговое движение описывается через:

- радиус окружности CR= и
- конечную точку в декартовых координатах X, Y, Z.

Наряду с радиусом окружности посредством знака +/- необходимо указать, должен ли угол перемещения быть больше или меньше 180°.

Положительный знак не нужен.

Где: CR=+...: угол меньше или равен 180°

CR=-...: угол больше 180°

Пример:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 CR=34.913 F500 (Слайд 6)

При этом способе центр не указывается. Полные круги (угол перемещения 360°) программируются не с помощью CR=, а через конечную точку окружности и параметры интерполяции.

Пример:

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G3 X70 Z-75 CR=30

N135 G1 Z-95 (Слайд 7)

### **Программирование окружности с полярными координатами**

Круговое движение описывается через:

- полярный угол  $AP=$
- и полярный радиус  $RP=$

При этом действует следующее соглашение: полюс лежит в центре окружности. Полярный радиус соответствует радиусу окружности.

Пример:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G111 X50 Y50

N30 G3 RP=34.913 AP=200.052 F500

Пример:

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G111 X33.33 Z-54.25

N135 G3 RP=30 AP=142.326

N140 G1 Z-95 (Слайд 8)

В приложении В можно увидеть слайды для проведения урока по теме «Круговая интерполяция в системе ЧПУ Sinumerik».

### **5.4.Разработка методического обеспечения**

Мультимедийные презентации используют, чтобы на большом экране (мониторе) были наглядно продемонстрированы дополнительные материалы к сообщению.

Учебная компьютерная презентация – это программное средство,

которое в основном используется, чтобы сопровождать объяснения нового материала. Также презентация в наглядном виде представляет содержание учебного материала. Учебная компьютерная презентация – эффективное средство для повышения качества обучения, т.к. имеет дидактический потенциал, который заключается в возможностях таких, как:

- образное снабжение абстрактных и сложных понятий на основе мультимедийности;
- централизация управления процессом обучения;
- интерактивность обучения, обеспечивающая управление учебным процессом и создающая условия для осуществления различных видов учебной деятельности при объяснении нового материала за счет динамики предъявления информационных объектов на слайдах и навигации;
- оперативность обновления и изменения содержания обучения в соответствии с быстрыми темпами развития науки;
- мобильность и упрощение организации переходов от одного вида наглядности к другому при объяснении нового материала посредством интеграции в презентации различных видов информации;

Таблица 37 - Вопросы для закрепления новых знаний

Вопрос	Предполагаемый ответ
1	2
Чем отличается G2 от G3?	G2- движение по круговой траектории по часовой стрелке G3 – движение по круговой траектории против часовой стрелки
В программировании окружности с центром и конечной точкой через что описывается круговое движение?	Круговое движение описывается через: <ul style="list-style-type: none"> <li>• конечную точку в декартовых координатах X, Y, Z</li> <li>• центр окружности по адресам I, J, K.</li> </ul>
Как программируются полные круги (угол перемещения 360°)?	Полные круги (угол перемещения 360°) программируются не с помощью CR=, а через конечную точку окружности и параметры интерполяции.

## Окончание таблиц 37 - Вопросы для закрепления новых знаний

1	2
В программировании окружности с полярными координатами как описывается круговое движение?	Круговое движение описывается через: <ul style="list-style-type: none"> <li>• полярный угол <math>AP=</math></li> <li>• и полярный радиус <math>RP=</math></li> </ul> При этом действует следующее соглашение: полюс лежит в центре окружности. Полярный радиус соответствует радиусу окружности.

В методической части дипломного проекта был проведён анализ Профессионального стандарта №530н «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ», разработан тематический план дисциплины «Программирование станка с ЧПУ», а также разработан план учебного занятия на тему: «Круговая интерполяция в системе ЧПУ» и презентация в качестве методического обеспечения учебного занятия. Занятия проходят на базе учебного центра уралмашзавода, расположенного в г. Екатеринбурге по адресу площадь Первой Пятилетки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлась совершенствование технологического процесса механической обработки детали «Балансир». Технологической основой совершенствования действующего техпроцесса явился недостаток оборудования, приспособления и режущего инструмента для достижения необходимых требований при обработке детали.

Совершенствование технологического процесса заключается в использовании 3-осевого обрабатывающего центра с ЧПУ, фирмы «Haas», а так же использование металлорежущего инструмента фирмы «Sandvik», «Komet», «SEB» и «Зубр».

В экономической части выпускной квалификационной работы выполнен расчёт экономической эффективности от совершенствования базового технологического процесса.

В методическом разделе был проанализирован профессиональный стандарт по повышению квалификации. Так же было разработано занятие по теме «Круговая интерполяция в системе ЧПУ».

Таким образом, в ходе дипломного проектирования был усовершенствован технологический процесс механической обработки детали «Балансир», что является достижением поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х т. Т. 2. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 559 с.
2. Бородина Н.В. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н.В. Бородина, Г.Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2011. 90 с.
3. Бородина Н.В. Обучение основам компьютерной инженерной графики в системе КОМПАС-ГРАФИК LT: модульный подход: учеб. пособие для вузов [Гриф УМО] / Н.В. Бородина, В.А. Штерензон, Т.В. Шестакова; Рос. гос. проф.- пед. ун-т, Урал. отд-ние Рос. акад. образования. – Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2003.- 177 с
4. Баранчиков В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник/В.И. Баранчиков, А.В. Жаринов, Н.Д. Юдина и др.; Под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
5. Великанов К. М. Расчеты экономической эффективности новой техники. Справочник. Под ред. д-ра экон. наук проф. К.М. Великанова. Л.: «Машиностроение», 1975. 432 с
6. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных спец. Вузов. Минск.: Вышэйш. шк., 1979. 464 с.
7. Гусев А. А. Технология машиностроения: Спец. часть: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / А.А. Гусев, Е. Р. Ковальчук, И. М. Колесов и др. М.: Машиностроение, 1986. 480 с.
8. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Текст]: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169 с.
9. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учеб. для студентов машиностр. специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1987. 320 с.

10. Коровин А.К. Приспособления для механосборочного производства: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1996. – 144 с.

11. Косилова А. Г. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 1т- 656с.

12. Косилова А. Г. Справочник технолога- машиностроителя [Текст] / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2т. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 2т- 496с.

13. Малов А. Н. Справочник технолога машиностроителя [Текст]. Т. 1 / Под ред. А.Н. Малова. В 2т. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972 – 568 с.

14. 16. Марков Н.Н. и др. Нормирование точности в машиностроении: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Высш. шк., Издат. Центр «Академия», 2001. 335с.

15. Мирошин Д.Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Текст]: Учеб. пособие. / Д.Г. Мирошин, Т.В. Шестакова, О.В. Костина, Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2009. 96 с.

16. Мягков В. Д. Допуски и посадки: Справочник[Текст] Ч. 1 / Под ред. В.Д. Мягкова. В 2-х ч. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979 – 544 с.

17. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для технического нормирования станочных работ: Сер. Пр-во М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.

18. Панов А.А. Обработка металлов резанием : Справочник технолога [Текст] / Под ред. А.А. Панова: - М.: Машиностроение. 1988 .- 736с.

19. Руденко П.А. Проектирование технологических процессов в машиностроении [Текст] / П.А Руденко. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985.-255с.

20. Сенченко И. Т. Повышение квалификации рабочих на производстве : педагогический аспект [] : [монография] / И. Т.Сенченко. - Москва : Педагогика, 1989. - 112 с

21. Серебrenицкий, П.П. Программирование автоматизированного оборудования [Текст] / П.П. Серебrenицкий, А.Г. Схиртладзе - М.: Дрофа, 2008. – Ч1. 576 с.

22. Профессиональный стандарт "Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным управлением": [Электронный ресурс]//Документ предоставлен «Консультант Плюс», 2015Техническое описание станка [Электронный ресурс] 16k20.ru

23. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст]: учеб. пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

24. Эрганова Н.Е. Основы методики профессионального обучения: Учебное пособие. – 4-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2005. 155 с.

25. Электронный каталог «Sandvik», 2015.

26. Электронный каталог «Komet», 2014.

27. MCV1000: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «Станко строительная компания ООО «МТЕ Ковосвит МАС»», 2013.

URL: <http://www.mtekovosvit.ru/ru/mcv-1000/>

28. Фрезерные станки и обрабатывающие центры: [Электронный ресурс]//Официальный сайт «Абамет».

URL:<https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhushhie/frezernye-chpu/v-obrabatyvajushhie-centry/haas-vf-1/>



29. СЕБ инструмент 2017: [Электронный ресурс]// Официальный сайт «СЕБ инструмент 2017»

URL: <http://seb-tools.com/home/>

30. ЗУБР Российский инструмент: [Электронный ресурс]// Официальный сайт «ЗУБР»

URL: <http://zubr.ru/>

					ДП 44.03.04.123 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата		

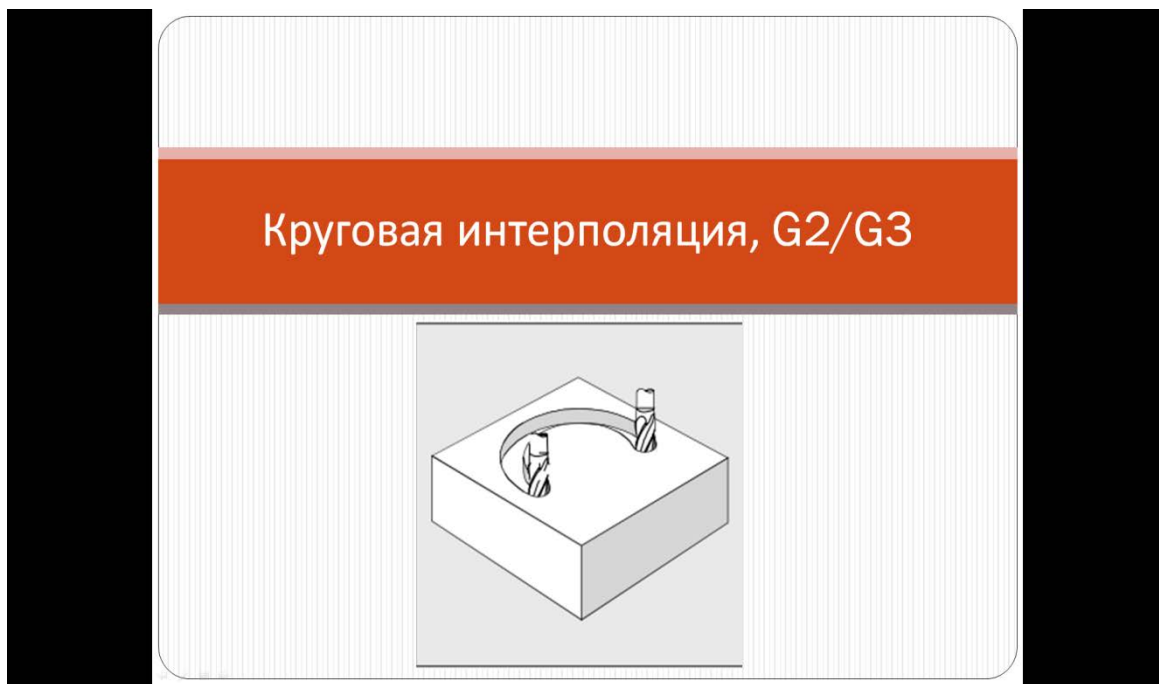
# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Кол-во листов
Чертеж заготовки	ВКР 44.03.04.123.01	A1	1
Чертеж детали	ВКР 44.03.04.123.02	A1	1
Технологический эскиз оп. 010	ВКР 44.03.04.123	A1	4
Управляющая программа	ВКР 44.03.04.123	A1	1
Технико – экономические показатели	ВКР 44.03.04.123	A1	1



Презентация на тему: «Способы задания круговой интерполяции в системе ЧПУ»

Слайд 1



## Слайд 2

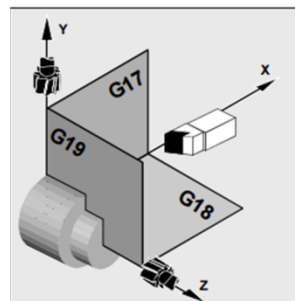
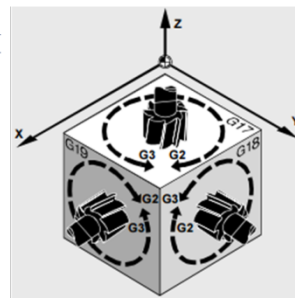
### Объяснение команд и параметров

- G2- движение по круговой траектории по часовой стрелке
- G3 – движение по круговой траектории против часовой стрелки
- CIP – Круговая интерполяция через промежуточную точку
- CT – Окружность с тангенциальным переходом
- X Y Z – Конечная точка в декартовых координатах
- I J K – Центр окружности в декартовых координатах (в направлении X, Y, Z)
- AP = Конечная точка в полярных координатах, здесь полярный угол
- RP= Конечная точка в полярных координатах, здесь полярный радиус соответствует радиусу окружности
- CR= Радиус окружности
- AR= Аппретурный угол
- П= J1= K1= Промежуточная точка в декартовых координатах (в направлении X, Y, Z)

## Слайд 3

### Указание рабочей плоскости

Для вычисления направления вращения окружности – G2 по часовой стрелке/G3 против часовой стрелки требуется указание рабочей плоскости (G17 до G19).



Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата

# Слайд 4

## Ввод в абсолютном и составном размере

Пример составного

размера:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029

I-17.5 J-30.211

F500

Пример абсолютного

размера:

N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029

I=AC(50) J=AC(50)

Фрезерование:



# Слайд 5

## Ввод в абсолютном и составном размере

Пример составного

размера:

N120 G0 X12 Z0

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G3 X70 Z-75 I-3.335

K-29.25

N135 G1 Z-95

Пример абсолютного

размера:

N120 G0 X12 Z0

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

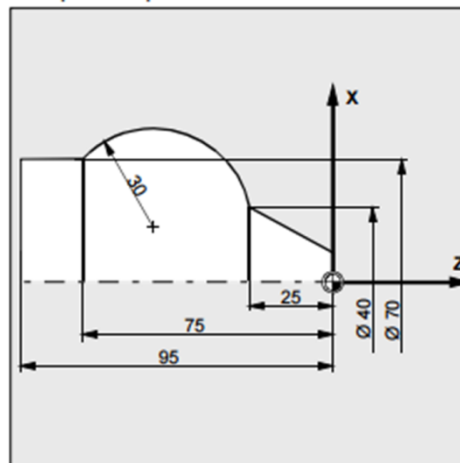
N130 G3 X70 Z-75

I=AC(33.33)

K=AC(-54.25)

N135 G1 Z-95

Токарная обработка:

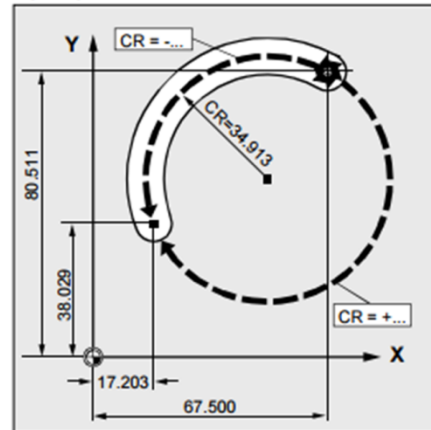


## Слайд 6

### Программирование окружности с радиусом и конечной точкой

Пример:  
 N10 G0 X67.5 Y80.211  
 N20 G3 X17.203 Y38.029  
 CR=34.913 F500

Фрезерование:

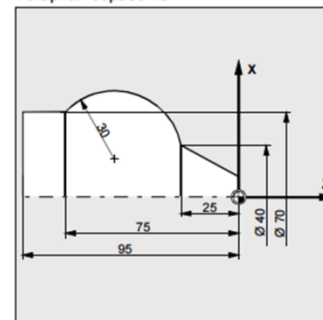


## Слайд 7

### Полные круги программируются через конечную точку окружности и параметры интерполяции

Пример:  
 N125 G1 X40 Z-25 F0.2  
 N130 G3 X70 Z-75 CR=30  
 N135 G1 Z-95

Токарная обработка:



Изм.	Лист.	№ докум.	Подпись	Дата

# Слайд 8

Пример:

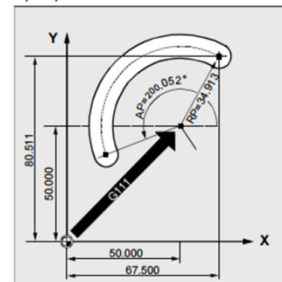
N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G111 X50 Y50

N30 G3 RP=34.913 AP=200.052

F500

Фрезерование:



Пример:

N125 G1 X40 Z-25 F0.2

N130 G111 X33.33 Z-54.25

N135 G3 RP=30 AP=142.326

N140 G1 Z-95

Токарная обработка:

